

**Universidade Federal do Rio de Janeiro**

**Instituto de Física**

***Trabalho de Final de Curso***

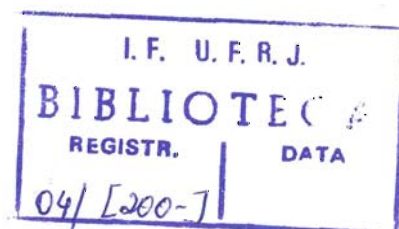
**Uma Proposta para Ensinar Forças de Atrito  
no Ensino Médio**

**Marcelo Elias da Silva**

**Orientadoras : Wilma Machado Soares Santos**

**Penha Maria Cardoso Dias**

**04/[200-]**



## Agradecimentos

Não poderia começar este trabalho sem agradecer as minhas professoras orientadoras Wilma Machado Soares Santos e Penha Maria Cardoso Dias, pois devido aos seus infinitos esforços este trabalho pode ser concluído, e sinceramente, não sei como eu teria feito sem as ajudas delas. Agradeço também a minha orientadora acadêmica Maria Helena Pedra Martins pela sua colaboração ao longo do meu curso. Se todos os alunos tivessem o apoio que eu tive, o rendimento desta universidade seria muito melhor.

Também gostaria de agradecer a todos os meus amigos da universidade e em especial ao Robson Costa de Castro que não poupou esforços, cedendo o seu tempo, a sua turma na escola onde leciona e a sua ajuda para a aplicação deste trabalho.

Não poderia deixar de citar a importância dos meus pais na conclusão deste trabalho, dando todo o apoio necessário em todos os momentos.

Agradeço também ao Coordenador do Curso de Licenciatura, ao Instituto de Física e a UFRJ.

## Índice

1 – Introdução . . . . .	1
2 – Breve Histórico . . . . .	4
3 – Metodologia . . . . .	11
3.1–Breve Resumo sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa . . . . .	11
3.2 – Questionários de Conhecimentos Prévios . . . . .	14
4 – Teoria . . . . .	16
4.1 – Força de Atrito . . . . .	16
4.2 – Leis de Atrito . . . . .	18
4.3 – Força de Resistência do ar . . . . .	19
5 – Experiências. . . . .	21
6 – Resultados Obtidos . . . . .	27
6.1– Análise do Questionário (Colégio Educo CPS) . . . . .	27
6.2 – Análise do Questionário (Colégio Santo Inácio) . . . . .	43
7 – Guia do professor . . . . .	59
7.1 – Aplicação do Método. . . . .	59
7.2 – Exercícios . . . . .	61
7.3 – Avaliação . . . . .	62
8 – Conclusão . . . . .	63
Apêndice . . . . .	72
Bibliografia . . . . .	75

## **1- Introdução**

A Física ensinada nas salas de aula nem sempre trata de situações do mundo real. É claro que uma conquista na metodologia da Física foi a redução de problemas a seus fatores essenciais, deixando de lado qualidades não inerentes a um fenômeno em estudo. Mas a prática indiscriminada desse método pode levar ao ensino de uma Física que existe, apenas, no mundo do "faz de conta". Entretanto, há muitas situações em que o "supérfluo" produz efeitos interessantes em si e não necessariamente deletérios. Em particular, forças de atrito são, freqüentemente, desprezadas, mas há situações em que o atrito é o centro e a razão de ser do fenômeno. Este trabalho propõe um método de ensinar conceitos relacionados ao atrito para estudantes do Ensino Médio.

A Física ensinada nas salas de aula atualmente apresenta muitos problemas. Gostaria de falar sobre alguns aqui neste trabalho, porém só abordarei um deles. Refiro-me ao modo como as forças de atrito são lecionadas nas escolas de Ensino Médio em geral. Os professores falam muito pouco e quando falam não ensinam o conceito de forma adequada.

O maior exemplo disso são os exercícios aplicados em sala de aula, pois na maioria, o que se mais observa é a frase “despreze o atrito”. Nós ensinamos uma Física que só existe no mundo do “faz

de conta”, pois boa parte da matéria é ensinada como se não houvesse as forças de atrito. Na própria universidade, quando fazemos experiências, precisamos de vários equipamentos para fabricarmos o mundo que não existe. Isto me motivou muito a trabalhar com este assunto, para que os alunos não estudem o mundo da fantasia, e sim a física da realidade. Este trabalho foi aplicado nos colégios Educo CPS e Santo Inácio da rede particular da cidade do Rio de Janeiro.

Uma breve nota sobre a evolução do descobrimento da existência do atrito é apresentada no capítulo 2, por pesquisadores clássicos desde Aristóteles até Coulomb e mostra ao aprendiz como o atrito foi reconhecido e como suas leis não precisam ser o fruto de especulação vazia, mas foram, de fato, o resultado de pensamento e fatos. Pesquisas recentes sobre o atrito mostram que ainda existe muito a ser estudado para melhor compreender os fenômenos físicos nesta área. (Budakian, Petterman)

Um pressuposto do método de trabalho é a abordagem construtivista de David *Ausubel* (Moreira e Masini), cujo um breve resumo é apresentado no capítulo 3. Inicialmente, fizemos um levantamento de conhecimentos prévios dos alunos; para isso, questionários sobre o tema atrito foram elaborados e aplicados. Os questionários foram formulados a partir de fatos cotidianos vivenciados pelos alunos, e se encontram na seção 3-2.

Aulas sobre o assunto foram preparadas e os textos com os conteúdos teóricos se encontram no capítulo 4.

No capítulo 5 descrevemos algumas experiências sobre situações nas quais o atrito não pode ser desprezado : O pára-quedas, experiências envolvendo força de resistência do ar em diferentes materiais e força de atrito em um bolão infantil.

A partir dos resultados analisados das respostas dos alunos aos questionários aplicados antes e após as aulas são apresentadas no capítulo 6, ressaltamos a importância das forças de atrito e resistência do ar em diversas situações do dia a dia dos alunos.

No capítulo 7 o guia do professor propõe uma forma de utilização desta proposta de trabalho e no capítulo 8 são apresentadas as conclusões.

No apêndice se encontra a análise de dados obtidos para os tempos de descida e subida na experiência com um bolão infantil realizada com alunos de Colégio Educo CPS.

## 2 - Breve Histórico

### Aristóteles (384-322 a.C.)

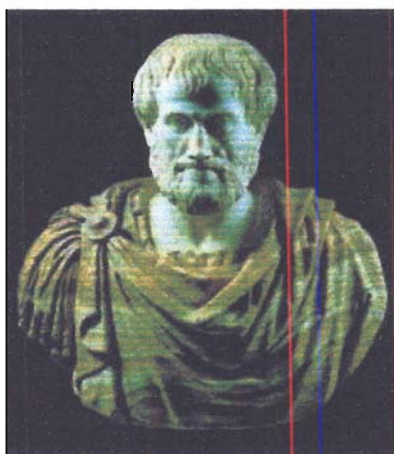


Figura 1. Aristóteles

Aristóteles afirmava que a velocidade ( $V$ ) com que um corpo move depende de uma força ( $F$ ) aplicada diretamente sobre o corpo e da resistência ( $R$ ). Podemos representar a lei de movimento de Aristóteles por:

$$V \propto \frac{F}{R}$$

Ele reconheceu, entretanto, que para haver movimento uma condição auxiliar era necessária:  $F > R$  (Cohen)

Aplicando `a queda dos corpos, essa lei significa que corpos mais pesados caem mais rapidamente.

Na descrição de Aristóteles, o meio não representa, apenas, uma dificuldade ao movimento: Sem ele, seria impossível haver movimento. Inicialmente, era essencial que a “força” estivesse em



contato com o corpo, mas isso colocou um problema sério, por exemplo, o de identificar o que empurraria uma pedra atirada, após largar a mão de quem a atirou? A resposta dada por Aristóteles foi que o ar empurraria a pedra.

Uma das conquistas da crítica medieval a Aristóteles foi entender que o meio não era o “motor” do movimento, mas um “impedimento”.

### Leonardo Da Vinci (1452 – 1519)



Figura 2. Leonardo Da Vinci

Leonardo entendeu que o impedimento de todos os movimentos mecânicos era o atrito. Além disso, reconheceu a importância da e fricção não somente entre corpos sólidos mas, também, em líquidos e gases.



Ele montou equipamentos sujeitos a fricção a fim de estudar o assunto. De sua leitura desses experimentos, resultaram as leis empíricas: A resistência de fricção muda com a natureza das superfícies em contato; ela depende do grau de polimento das superfícies; ela é independente da área da superfície em contato; ela cresce em proporção direta à carga; ela pode ser reduzida interpondo elementos de rolamento ou fluidos lubrificantes entre superfícies em contato. Leonardo introduziu o conceito de coeficiente de fricção e estimou que, para superfícies polidas e lisas, a razão atrito/peso é 0,25 ou um quarto do peso. Esse valor é razoavelmente apurado para atrito entre madeira e madeira, entre bronze e aço e para outros materiais com os quais Leonardo estava acostumado.

Leonardo entendeu que a lubrificação não era suficiente para impedir o desgaste de mancais. Sugeriu, então, várias maneiras para reduzir o atrito: Uso de suportes de mancais com fendas; buchas de metais antifricção (“três partes de cobre e sete de latão derretidos juntos”); suporte de esfera e rolamento.

Em resumo, pode-se dizer que, em 1508, Leonardo estabeleceu que o atrito entre dois corpos:

- 1 - Depende da força que comprime um corpo contra o outro;
- 2 - Não depende da área das superfícies em contato.

Em 1699, o cientista francês G. Amonton redescobriu as duas primeiras características do atrito (Leonardo não havia divulgado seus resultados), acrescentando mais uma:

3 - O atrito não depende da velocidade.

Essas três propriedades se tornaram conhecidas como “leis do atrito”.

É interessante observar que Leonardo fez a seguinte advertência para os construtores de máquinas:

*...Quanto mais rodas você tiver no seu instrumento, mas dentes nas rodas dentadas você necessitará e quanto mais dentes, maior será a fricção das rodas com as barras de seus suportes. E quanto maior a fricção, maior será a potência perdida pelo motor e, conseqüentemente, força faltará para o movimento ordenado de todo o sistema...*

Estes textos foram elaborados a partir do proposto por Gillispie.

## Charles Augustin Coulomb (1736 – 1806)

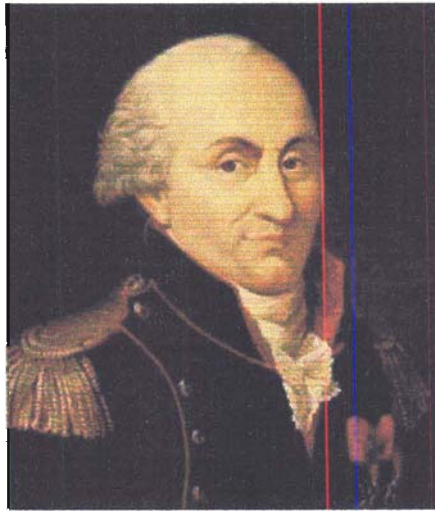


Figura 3. Charles Augustin Coulomb

Em 1773, Coulomb utilizou a Lei de Amonton. Segundo essa lei: *A resistência de atrito é proporcional à força normal à superfície e não à área da superfície de contato*. Ele notou, entretanto, que a lei não é estritamente observada na prática e que o coeficiente de atrito varia com os materiais envolvidos. O atrito era visto como resultante do contato tangencial entre os corpos.

Em 1785, Coulomb faz uma clara distinção entre o atrito estático e o atrito cinético. Coulomb propôs, como causa do atrito, a existência de irregularidades entre as superfícies em contato. Elas se encaixariam uma nas outras, dificultando o deslocamento relativo entre elas.

## Pesquisas Recentes

A explicação de Coulomb, no entanto, não é mais inteiramente aceita. A partir da década de 1950, diversos trabalhos mostraram que o atrito seco (entre superfícies rígidas não lubrificadas) deve-se, sobretudo, a *forças de adesão*: Avalia-se que apenas 10% da força de atrito se deve aos encaixes e desencaixes sugeridos por Coulomb e os restantes 90% são forças de adesão, de natureza eletromagnética. Isso pode ser visto, quando se juntam superfícies extraordinariamente polidas de duas peças metálicas: A adesão é tão grande, que elas se soldam, formando uma única peça; esse processo é conhecido como *solda a frio*; embora tecnicamente muito difícil de ser realizado, ele mostra que o polimento não reduz o atrito, ou seja, não é a aspereza entre as superfícies a maior causa do atrito. De fato, do ponto de vista microscópico, não existem superfícies planas. Mesmo aquelas “extraordinariamente polidas”, vistas sob potentes microscópios, parecem vales e montanhas. Assim, quando uma superfície se apoia sobre a outra, a área efetiva de contato é muito menor que a área macroscopicamente aparente, o que não favorece a teoria de Coulomb; avalia-se que o contato efetivo entre duas superfícies planas de aço, por exemplo, embora varie com a carga ou força normal, é da ordem de  $1/10000$  da área aparente; ou seja, duas superfícies planas de aço de  $1 \text{ m}^2$  têm uma área efetiva de contato

de, aproximadamente,  $1 \text{ cm}^2$ . A forma predominante de contato ocorre entre saliências e praticamente não se observam encaixes, como queria Coulomb. Nos pontos de contato, devido à proximidade entre as moléculas de ambas as superfícies, surgem forças de adesão que soldam as superfícies. (Gaspar)

Foi recentemente proposto por Persson que o caminho para a explicação do atrito estaria na descoberta das origens microscópicas do movimento *stick-slip* (gruda-escorrega): Quando uma superfície é arrastada sobre a outra, ocorrem sucessivas rupturas e soldas, num processo conhecido por *stick-slip*; nesse processo, parte do material de uma superfície fica agarrada à outra.

Em 2000, Budakian e Putterman estudaram o atrito diretamente no nível microscópico; mediram a transferência de carga entre superfícies metálicas e isolantes em contato. Eles encontraram que essa transferência de carga está quantitativamente relacionada com a força de atrito. Seus resultados sugerem que o atrito macroscópico pode estar quantitativamente conectado com a ação coletiva das ligações que se formam na interface entre as superfícies do metal e do isolante.

### **3 – Metodologia**

#### **3.1 - Breve Resumo sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa**

Como metodologia o construtivismo é uma idéia bastante utilizada hoje no campo do ensino e da aprendizagem. Ser construtivista significa ver o ser que aprende como um construtor de seu próprio conhecimento. A aprendizagem de ciências é uma construção na mente de cada aluno. O aluno deixa de ser visto como receptor de conhecimentos, ele passa a ser encarado como agente de uma construção que é sua própria estrutura cognitiva (cognição é a bagagem de conhecimentos que o aluno tem em sua mente). O construtivismo é uma postura e não um método. O aluno também é construtor.

A teoria de Ausebel e Novak é a de que o fator isolado mais importante na aprendizagem é o conhecimento prévio do aluno. O conceito central da teoria é o de aprendizagem significativa. A aprendizagem significativa, como explicado por Moreira e Masini, é aquela em que a nova informação adquire significados para o aluno por interação com alguma informação relevante já existente na estrutura cognitiva do aluno com um certo grau de estabilidade, clareza e diferenciação. Um exemplo disto seria um aluno que já tivesse bastante estável e claro em sua estrutura cognitiva o

conceito, ou seja, a idéia de conservação de energia poderá usá-lo para aprender significativamente o conceito, ou a idéia, de conservação da carga elétrica. Nesse processo há uma interação entre o novo conhecimento (conservação de carga elétrica) e o conhecimento prévio (conservação de energia). Esta interação é a característica mais importante da aprendizagem significativa. Com isto mostra-se a importância de se ensinar bem sempre, pois uma disciplina bem aprendida hoje, pode ser a base para se aprender algo mais importante amanhã.

Essa teoria foi desenvolvida por David *Ausubel*, na década de 60. Ela pretende explicar o processo de ensino-aprendizagem a partir de uma "perspectiva cognitiva", isto é.

“[...] entender a aprendizagem como um processo de modificação do conhecimento, em vez de comportamento em um sentido externo e observável, e reconhecer a importância que os processos mentais têm nesse desenvolvimento”.

Uma outra característica marcante das idéias de *Ausubel* é o fato de

“[...] basearam-se em uma reflexão específica sobre a aprendizagem escolar e o ensino, em vez de tentar somente generalizar e transferir à aprendizagem escolar conceitos ou



princípios explicativos extraídos de outras situações ou contextos de aprendizagem”.

A aprendizagem significativa depende, pois, do quanto a nova informação for “substanciada” pelos conhecimentos prévios do aprendiz; contrariamente, quando não houver tal embasamento, a aprendizagem é mecânica ou repetitiva.

Efetivamente, a aprendizagem significativa tem vantagens notáveis, tanto do ponto de vista do enriquecimento da estrutura cognitiva do aluno como do ponto de vista da lembrança posterior e a utilização para experimentar novas aprendizagens, fatores que a delimitam como a aprendizagem mais adequada para ser promovida entre os alunos. (Salvador)

Na aplicação do método de aprendizagem significativa, a História da Física e experimentos são usados como instrumento para absorção de nova informação. A História é qualificada para essa tarefa, na medida em que mostra questões que foram, no decurso dos fatos, relevantes à formulação de algum conceito; ao clarificar idéias e conceitos, ela é parte inseparável dos fundamentos da Física.

## 3.2 - Questionário

As perguntas abaixo foram aplicadas em dois colégios com o intuito de verificar o conhecimento prévio dos alunos nesta área. Assim como, uma forma de avaliação do trabalho proposto. As perguntas foram feitas associadas ao dia-a-dia dos alunos e com uma linguagem bem simples para que eles entendam. No questionário distribuído para os alunos eu não mencionei que era sobre forças de atrito e nem estava escrito no mesmo porque os alunos poderiam sem raciocinar responder tudo com a palavra atrito automaticamente. As questões foram baseadas nas apresentadas em livros textos usualmente utilizados no Ensino Médio. (Gaspar, Fonte Boa, Nicolau, Alvarenga)

1 – Quando você joga uma bola grande e leve para cima, fazendo um lançamento vertical, o tempo que ela leva para subir é igual, maior ou menor que o tempo que ela leva para chegar ao solo?

2 – Como se faz para um carro fazer uma curva? Se este carro estivesse num solo com neve faria a curva com a mesma facilidade?

3 – Qual a diferença entre você andar no asfalto e no gelo? Por que as pessoas usam patins para deslizar no gelo?

4 – Quando uma porta está rangendo, ao se colocar um pouco de óleo por que o rangido desaparece?

5 – Na fórmula 1, já vimos várias vezes um motor de carro estourar, jogar óleo na pista e o outro carro passar por cima do óleo e derrapar. Por que isto acontece?

6 – Por que é mais fácil para você empurrar uma bola de borracha do que uma caixa com 30 livros de física?

## 4 - Teoria

### 4.1 – Força de Atrito

Considere um corpo de peso  $\vec{P}$  em repouso sobre uma superfície horizontal. Vamos aplicar, ao corpo, uma força  $\vec{F}$  que tende a deslocá-lo na direção horizontal (figura 4).

As superfícies em contato apresentam rugosidades que se opõem ao deslocamento do corpo (figura 5).

As forças que agem no corpo, provenientes da superfície, têm uma resultante  $\vec{F}_R$  que pode ser decomposta em duas forças componentes  $\vec{N}$  e  $\vec{F}_{AT}$  (figura 6).  $\vec{N}$  é a reação normal à superfície e equilibra o peso  $\vec{P}$ .

$\vec{F}_{AT}$  é denominada força de atrito. Seu sentido é contrário ao movimento ou a tendência de movimento do corpo em relação à superfície.

O atrito é denominado estático quando não há movimento do corpo em relação à superfície. Havendo movimento, o atrito é chamado dinâmico ou cinético.

Aumentando-se gradativamente a intensidade da força  $\vec{F}$ , a partir do zero, verifica-se que, inicialmente, o corpo permanece em repouso, pois a intensidade da força de atrito aumenta juntamente com a intensidade de  $\vec{F}$ . Para um determinado valor de  $\vec{F}$  o corpo fica

na iminência de movimento. A força de atrito apresenta intensidade máxima e é chamada força de atrito estático máxima  $\vec{F}_{ATe}$ . Para iniciar o movimento, a intensidade da força  $\vec{F}$  deve ser superior à intensidade da força de atrito estática máxima. Uma vez iniciado o movimento, a força de atrito passa a ter intensidade constante sendo denominada força de atrito cinético  $\vec{F}_{ATc}$ . A intensidade da força de atrito cinético é ligeiramente menor que a força de atrito estático máxima.

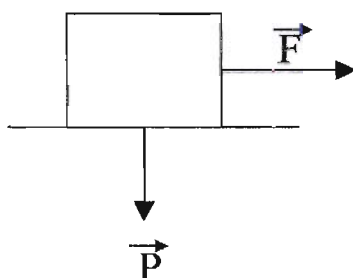


Figura 4. Ação de uma força sobre um corpo.

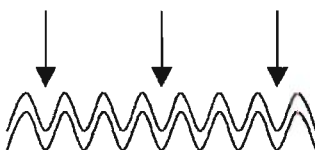


Figura 5. Rugosidade das superfícies em contato.

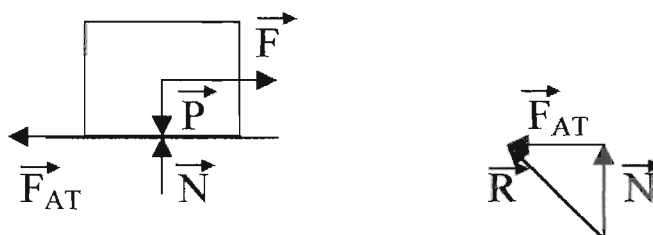


Figura 6. Decomposição das forças que agem no corpo.

## 4.2 – Leis de Atrito

A força de atrito estático máxima e a força de atrito cinético têm intensidades diretamente proporcionais à intensidade da força normal de compressão entre os corpos que se atritam.

$$F_{ATe} = u_e * N$$

$$F_{ATc} = u_c * N$$

Os coeficientes de proporcionalidade  $u_e$  e  $u_c$  são denominados coeficientes de atrito estático e cinético respectivamente,  $u_e$  e  $u_c$  dependem da natureza dos corpos em contato, do estado de polimento e lubrificação.

Sendo  $F_{ATc} < F_{ATe}$  resulta  $u_c < u_e$ . Em geral os valores de  $u_e$  e  $u_c$  são muito próximos. Na maioria dos casos pode-se considerar  $u_e = u_c$  e indicar simplesmente  $u$ . Considerando  $u_e = u_c = u$ , podemos resumir a análise feita da seguinte maneira: corpo em repouso:  $F_{AT}$  varia de zero a  $u * N$  ( $u * N$  corresponde a iminência do movimento). Corpo em movimento:  $F_{AT}$  é constante e igual a  $u * N$ .

### 4.3 – Força de Resistência do Ar

Para o movimento de um corpo em contato com o ar (como a queda vertical, o movimento de um carro ou de um avião) com velocidade  $V$  usuais, a força de resistência do ar tem intensidade  $F_a$  dada por:

$$F_a = K * V^2$$

onde  $K$  é uma constante que depende da forma do corpo e da maior área da secção transversal do corpo, perpendicular à direção do movimento. As formas aerodinâmicas dos carros diminuem o valor de  $K$  e atenuam a resistência do ar. A forma do pára-quedas aumenta o valor de  $K$  e a força de resistência do ar atenua a queda.

#### *Como o atrito auxilia no dia a dia*

Na figura abaixo daremos um exemplo de como a força de atrito pode ser útil. Pisando no acelerador, as rodas de tração (na figura as rodas dianteiras) começam a girar, empurrando o chão para trás. Em virtude do atrito, o chão reage sobre a roda, empurrando o carro para frente. Logo, é graças ao atrito que um carro se movimenta.



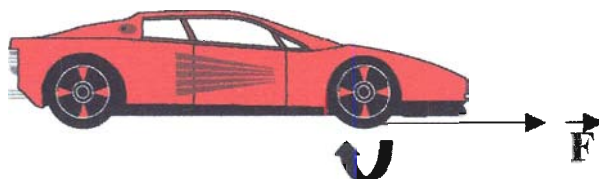


Figura 7. Estudo do movimento do carro.

Existem também outros exemplos de como o atrito auxilia no cotidiano que podem ser usados no processo de aprendizagem.

### Avião



Figura 8. Avião

### Caminhar



Figura 9. Caminhar

### Pára-quedas

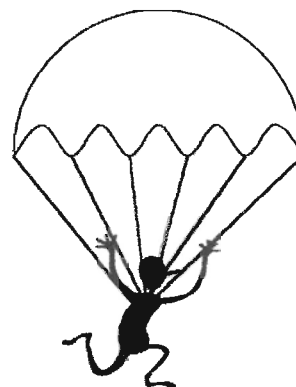


Figura 10. Pára-quedas

## 5 - Experiências

### *Pára-quedas*

**Objetivo:** Estudo da força de resistência do ar. Mostrar que a força de atrito no ar é proporcional a velocidade do corpo e a área de contato do corpo com o ar!

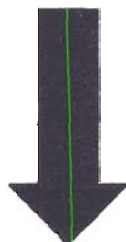
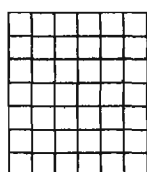
**Material Utilizado :** Uma caixa de fósforo vazia e um pára-quedas.

**Procedimento do Experimento :** 1) Deixe cair a caixa de fósforo com o pára-quedas dentro, observe o tempo de queda.  
2) Deixe cair a caixa agora com o pára-quedas aberto, observe o tempo de queda.

**Questionamento :** O que você observa de diferente nas duas situações? O que você pode concluir?

Situação 1

Pára-quedas dentro da  
caixa de fósforo.



Situação 2

Pára-quedas aberto

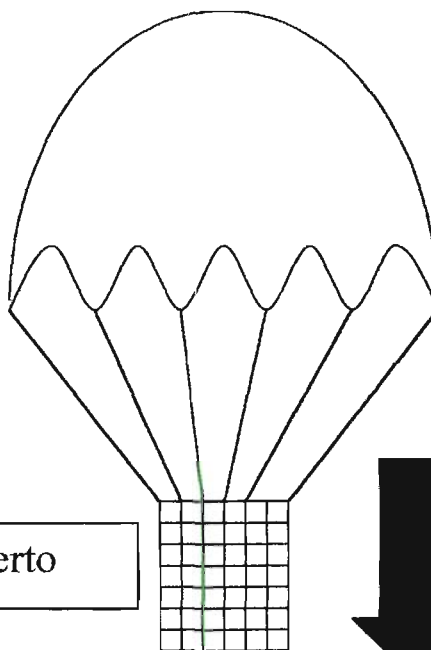


Figura 11. Experiência do pára-quedas. Na situação 1 o pára-quedas está dentro da caixa de fósforos. Na situação 2 o pára-quedas está aberto.

*Força de resistência do ar em diferentes materiais*

**Objetivo:** Estudo da força de resistência do ar. Mostrar que a força de atrito no ar é proporcional a velocidade do corpo e a área de contato do corpo com o ar.

**Material utilizado :** Duas embalagens vazias de “Kinder” Ovo, uma bola de gude (aproximadamente 2 cm de diâmetro) e uma pena.

**Procedimento do Experimento :** Coloque em uma embalagem de Kinder Ovo a bola de gude e na outra a pena.

Deixe cair as duas embalagens da mesma altura e ao mesmo tempo.

**Questionamento :** O que você observa? Depois abra as embalagens e deixe cair a pena e a bola de gude da mesma altura e ao mesmo tempo. O que você observa? O que você pode concluir?

Situação 1

*Primeiro  
Passo.*



Situação 2

*Segundo  
passo.*



Figura 12. Experiência da força de resistência do ar em diferentes materiais.

Na situação 1 a bola de gude e a pena estão dentro das embalagens de “Kinder” Ovo. Na situação 2 elas estão fora das embalagens.

### *Brincadeira de criança*

**Objetivo :** Estudo da força de resistência do ar. Mostrar que para um movimento vertical, o tempo de descida de um corpo em queda é diferente de seu tempo de subida.

**Material utilizado :** Uma bola grande e leve ( bolão de criança que geralmente é vendido em parques, aproximadamente 60cm de diâmetro) e um relógio ou cronômetro.

**Procedimento do experimento :** Serão necessárias no mínimo duas pessoas para fazer esta experiência. Uma jogará a bola e a outra medirá o tempo.

A pessoa que está com a bola a jogará para cima e voltará a pegá-la fazendo um lançamento vertical. A outra pessoa começará a medir o tempo quando a bola sair da mão do lançador e terminará quando o mesmo voltar a pegar a bola. Serão medidos o tempo de subida e o tempo total (subida e descida).

**Questionamento :** Qual foi o tempo de subida? Qual foi o tempo de descida? O que você pode concluir?

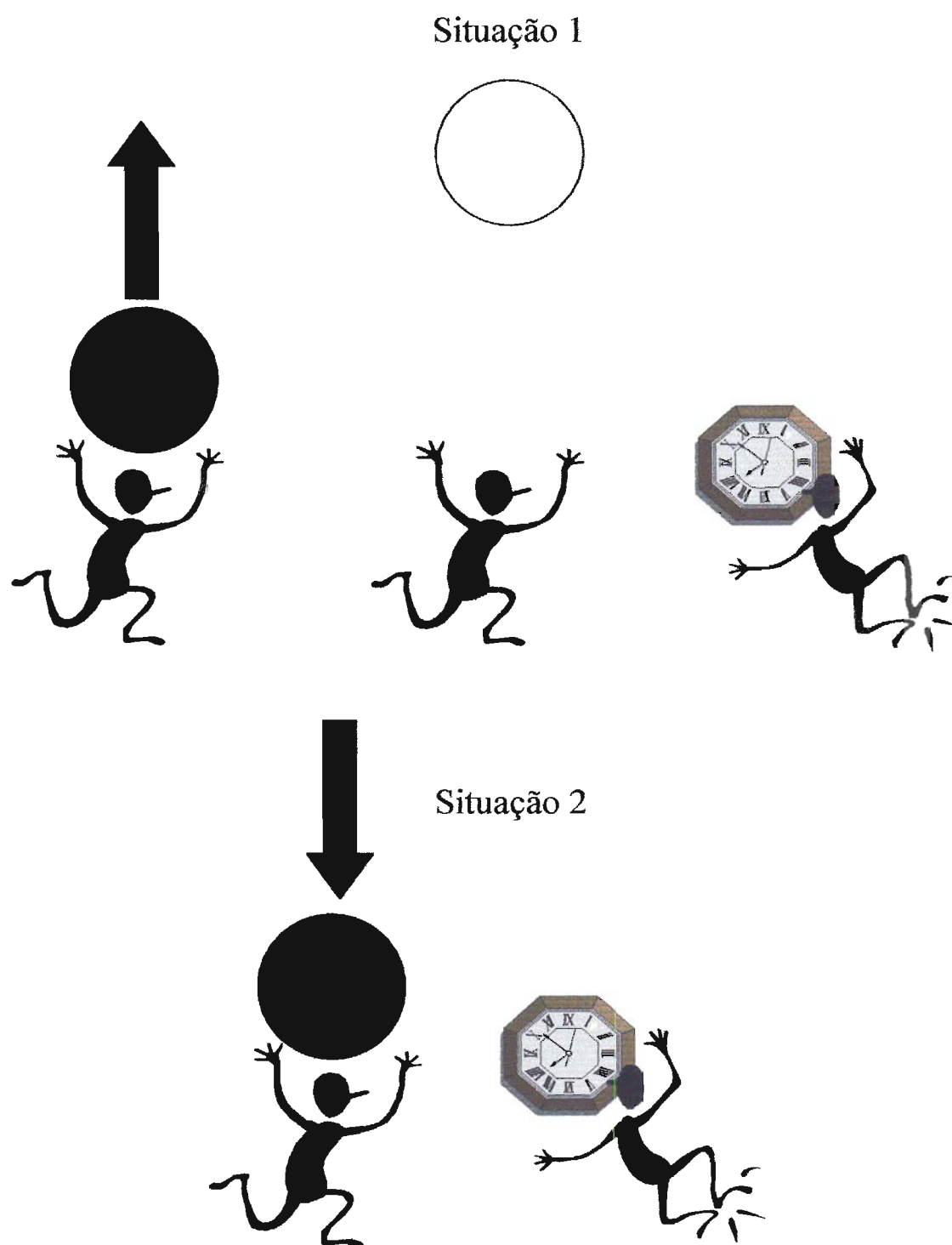


Figura 13. Experiência da brincadeira de criança. Na situação 1 é obtido o tempo de subida. Na situação 2 é obtido o tempo total.



## 6 - Resultados Obtidos

### 6.1 - Análise dos Questionários (Colégio EDUCO CPS)

Os questionários foram aplicados em 23 alunos do 1º ano do Ensino Médio.

#### Pergunta 1

Quando você joga uma bola grande e leve para cima, fazendo um lançamento vertical, o tempo que ela leva para subir é igual, maior ou menor que o tempo que ela leva para chegar ao solo?

**Antes**

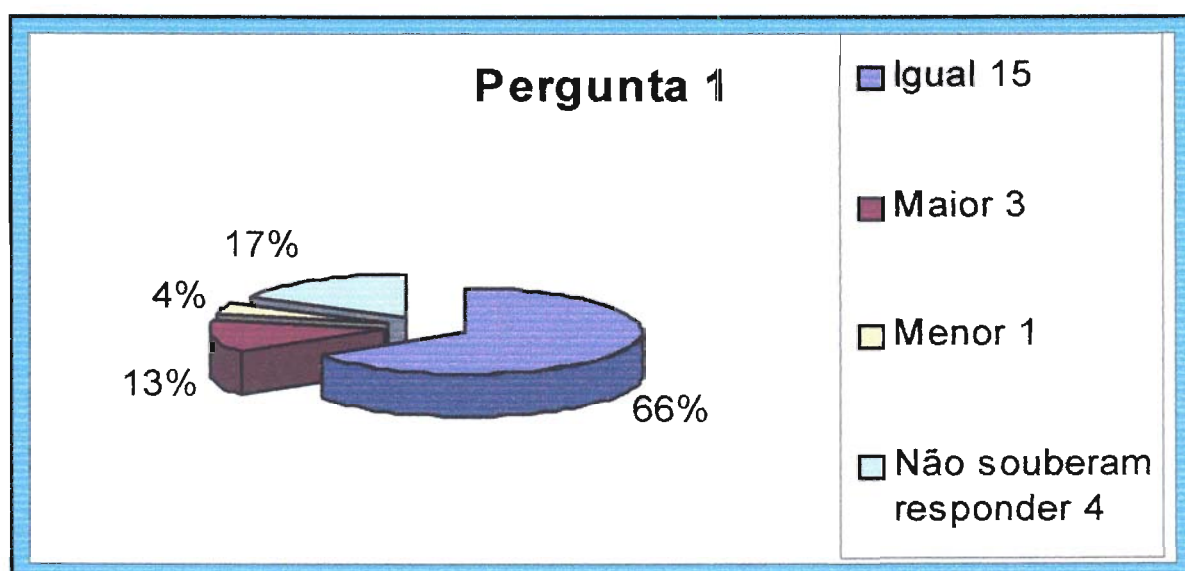


Figura 14. Análise da pergunta 1 antes do método ser aplicado

## Depois

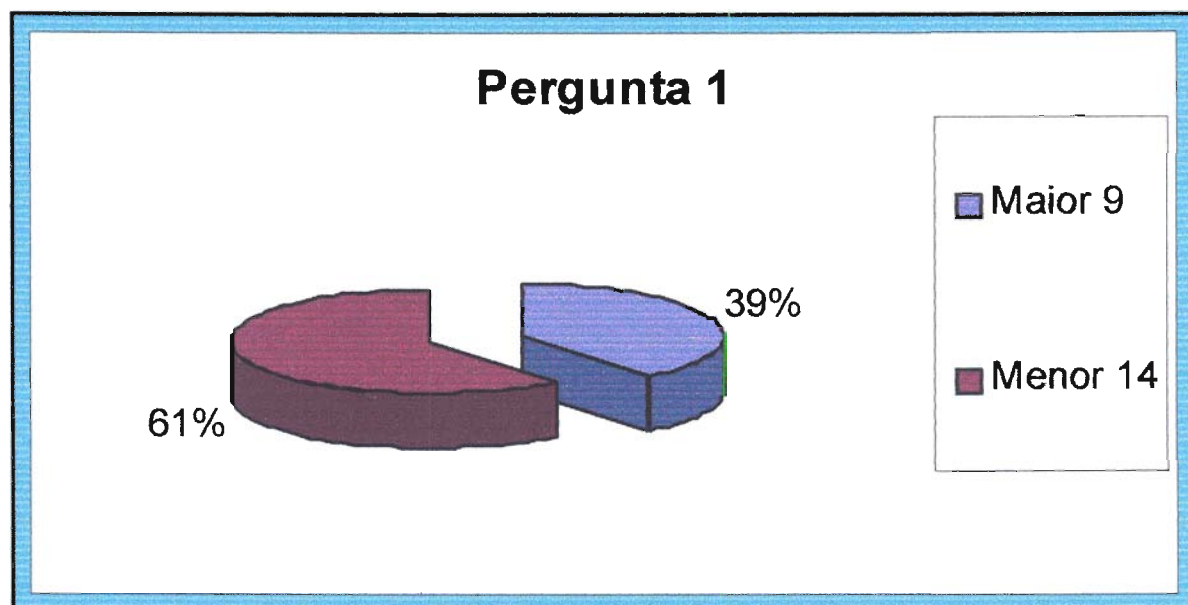


Figura 15. Análise da pergunta 1 depois do método ser aplicado

## Pergunta 2

Como se faz para um carro fazer uma curva? Se este carro estivesse num solo com neve faria a curva com a mesma facilidade?

### Antes Parte 1

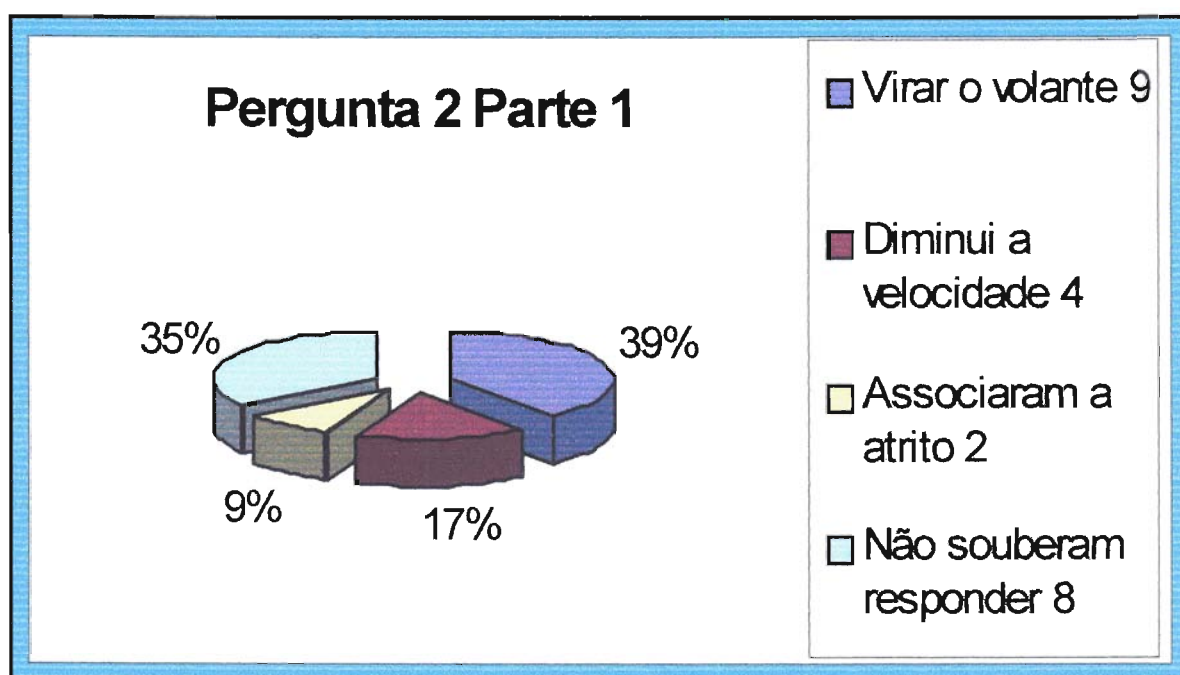


Figura 16. Análise da pergunta 2 parte 1 antes do método ser aplicado

## Depois Parte 1

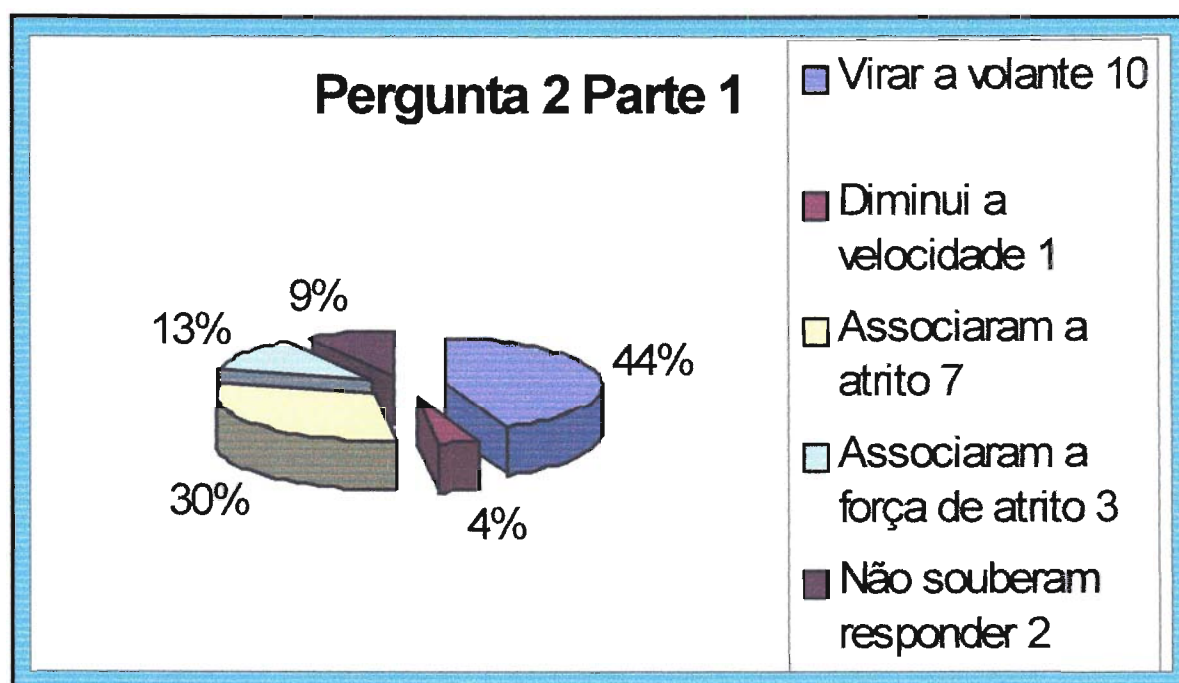


Figura 17. Análise da pergunta 2 parte 1 depois do método ser aplicado

## Antes Parte 2

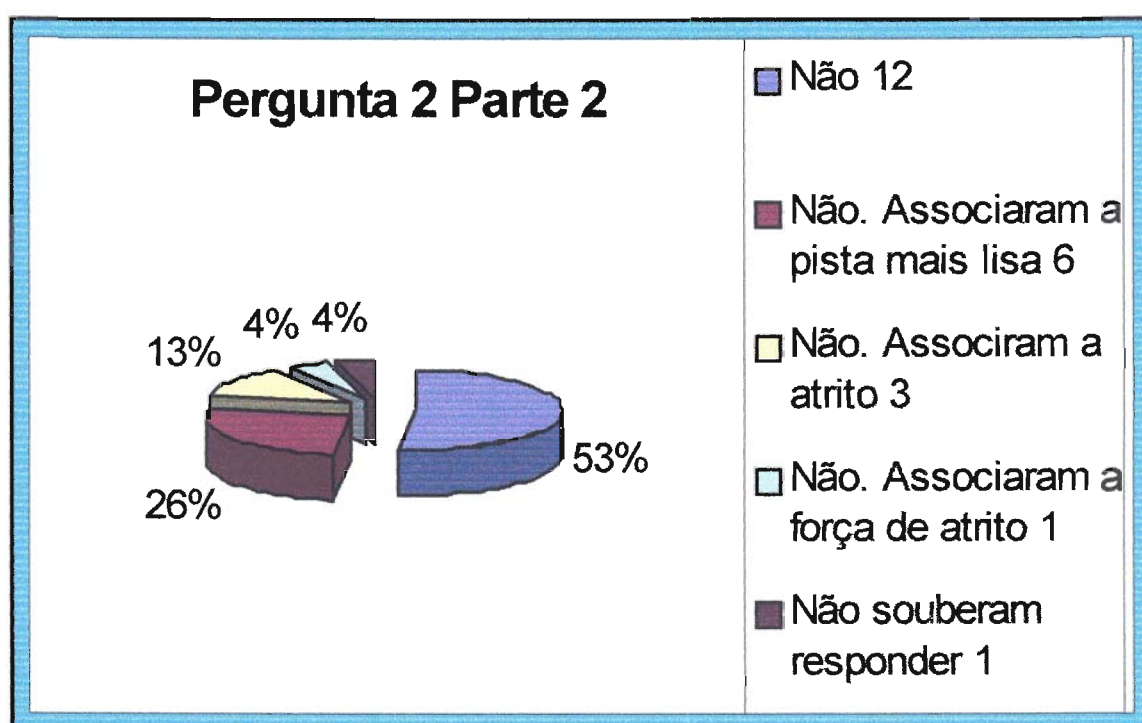


Figura 18. Análise da pergunta 2 parte 2 antes do método ser aplicado.

## Depois Parte 2

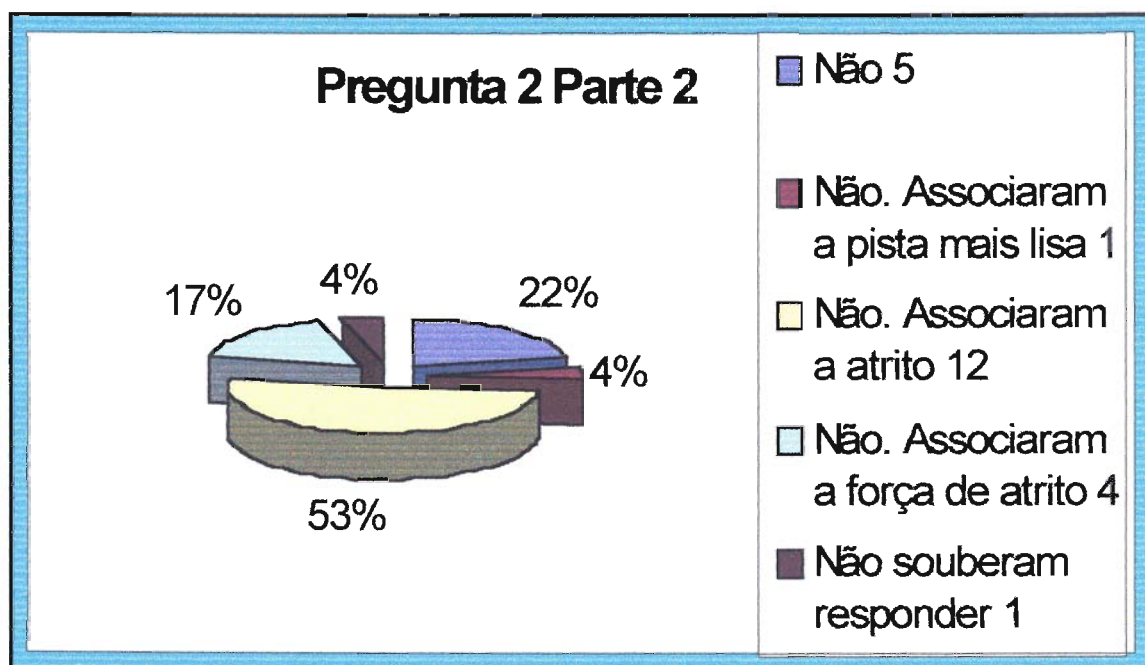


Figura 19. Análise da pergunta 2 parte 2 depois do método ser aplicado

### Pergunta 3

Qual a diferença entre você andar no asfalto e no gelo? Por que as pessoas usam patins para deslizar no gelo?

#### Antes Parte 1

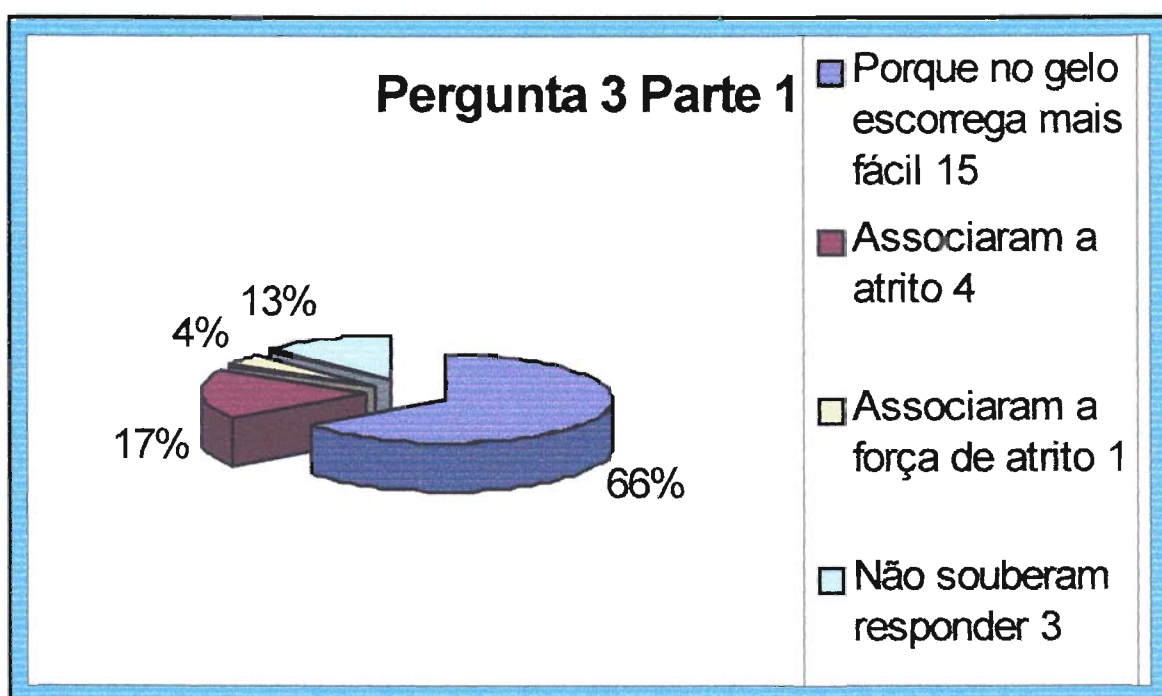


Figura 20. Análise da pergunta 3 parte 1 antes do método ser aplicado.



## Depois Parte 1

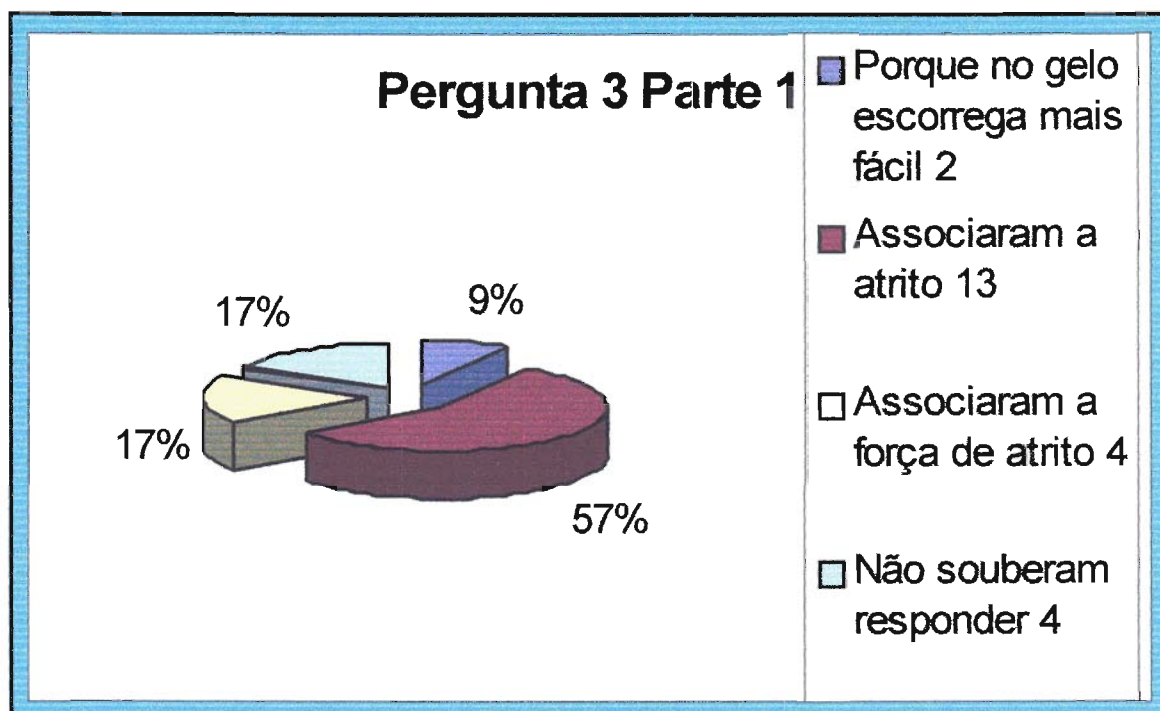


Figura 21. Análise da pergunta 3 parte 1 depois do método ser aplicado.

## Antes Parte 2

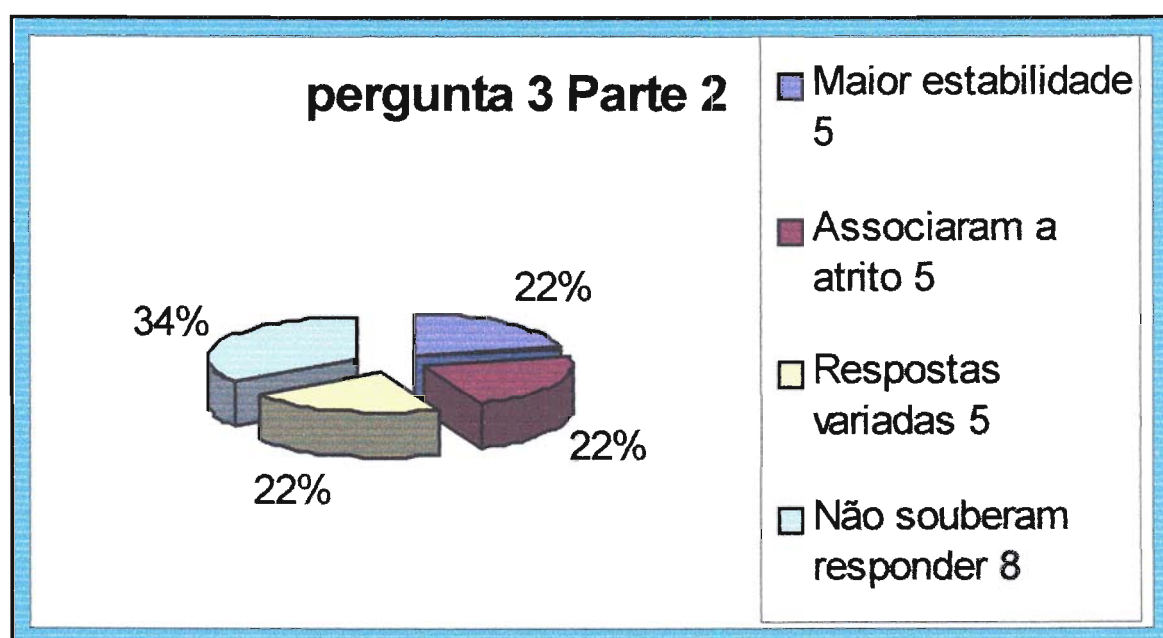


Figura 22. Análise da pergunta 3 parte 2 antes do método ser aplicado.

## Depois Parte 2

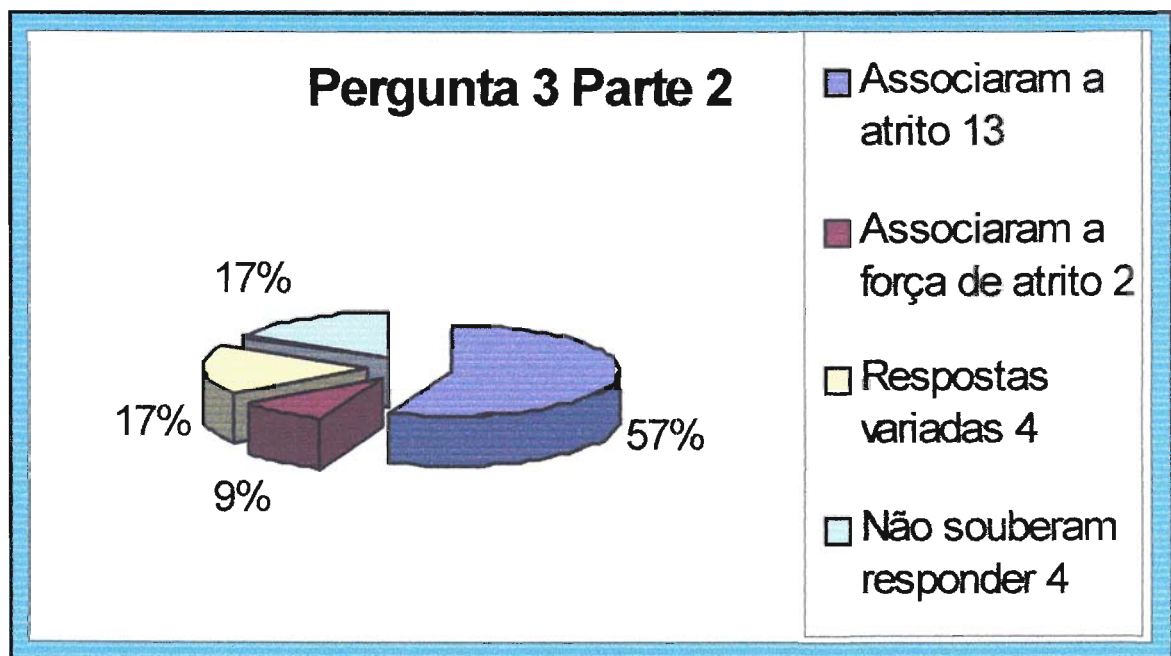


Figura 23. Análise da pergunta 3 parte 2 depois do método ser aplicado.

### Pergunta 4

Quando uma porta está rangendo, ao se colocar um pouco de óleo por que o rangido desaparece?

**Antes**

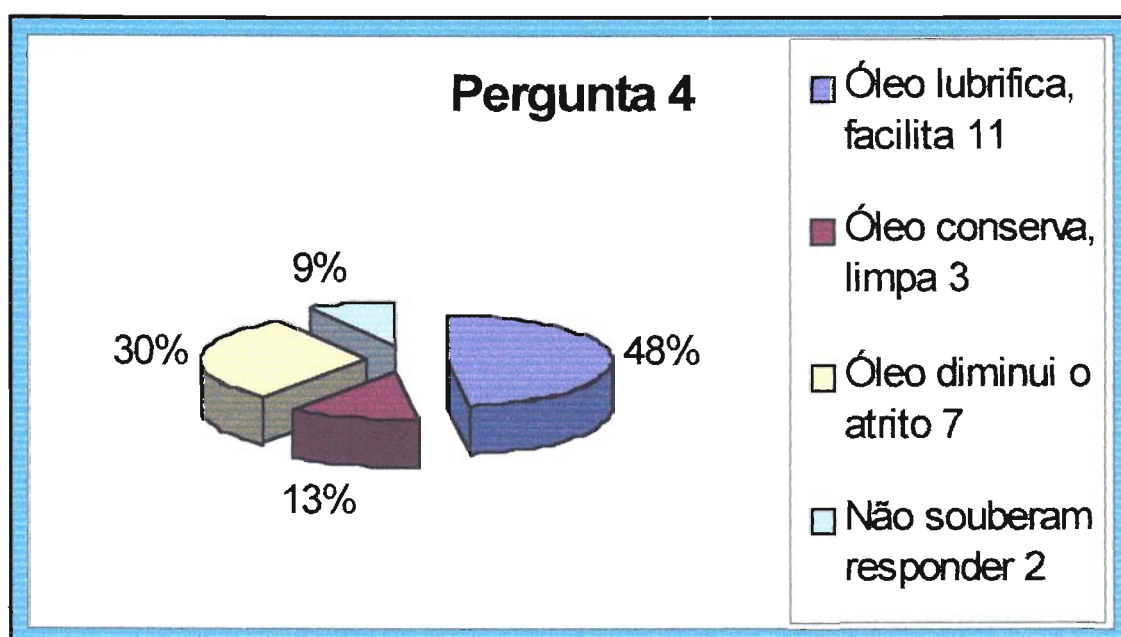


Figura 24. Análise da pergunta 4 antes do método ser aplicado.

## Depois

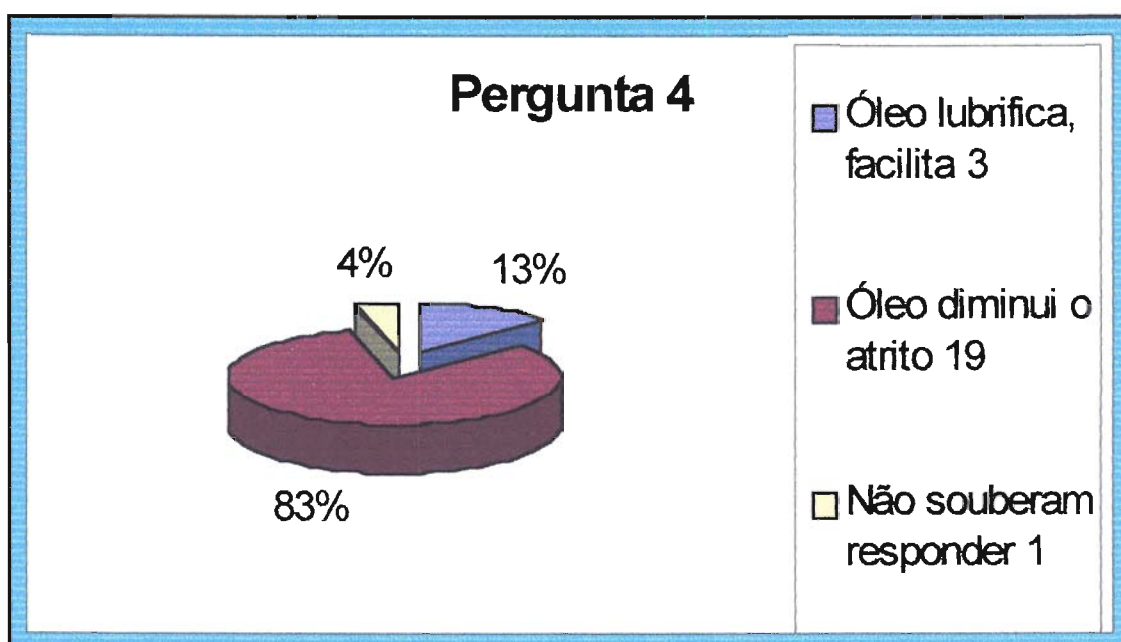


Figura 25. Análise da pergunta 4 depois do método ser aplicado.

## Pergunta 5

Na fórmula 1, já vimos várias vezes um motor de carro estourar, jogar óleo na pista e o outro carro passar por cima do óleo e derrapar. Por que isto acontece?

**Antes**

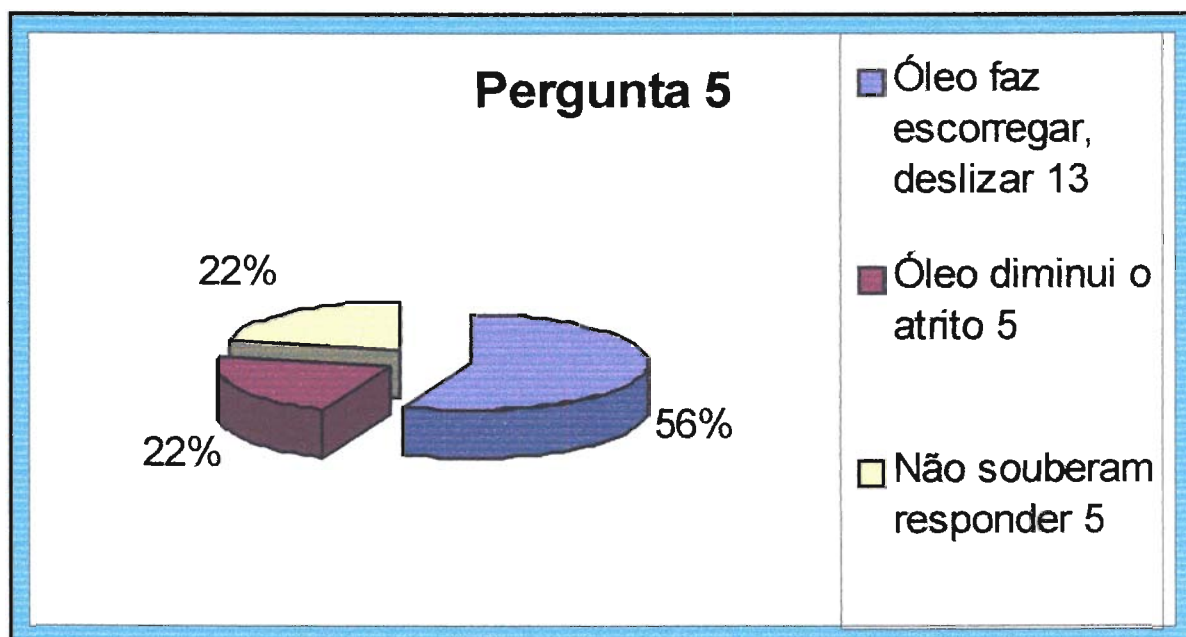


Figura 26. Análise da pergunta 5 antes do método ser aplicado.

## Depois

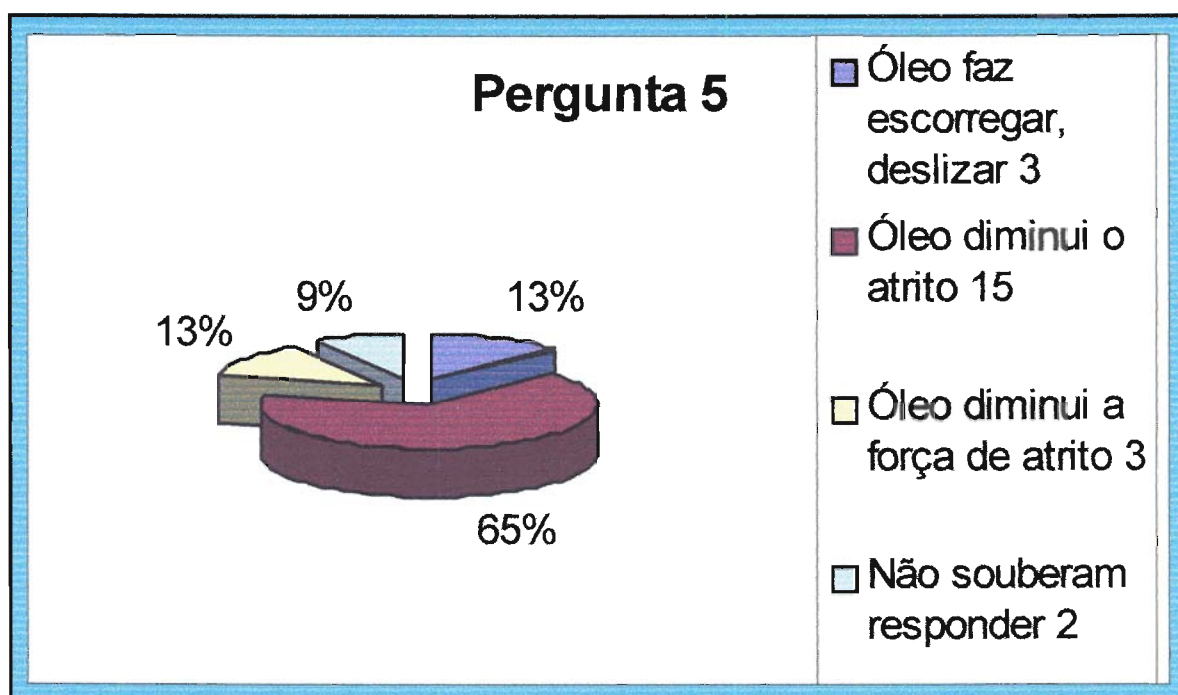


Figura 27. Análise da pergunta 5 depois do método ser aplicado.

### Pergunta 6

Por que é mais fácil para você empurrar uma bola de borracha do que uma caixa com 30 livros de física?

**Antes**

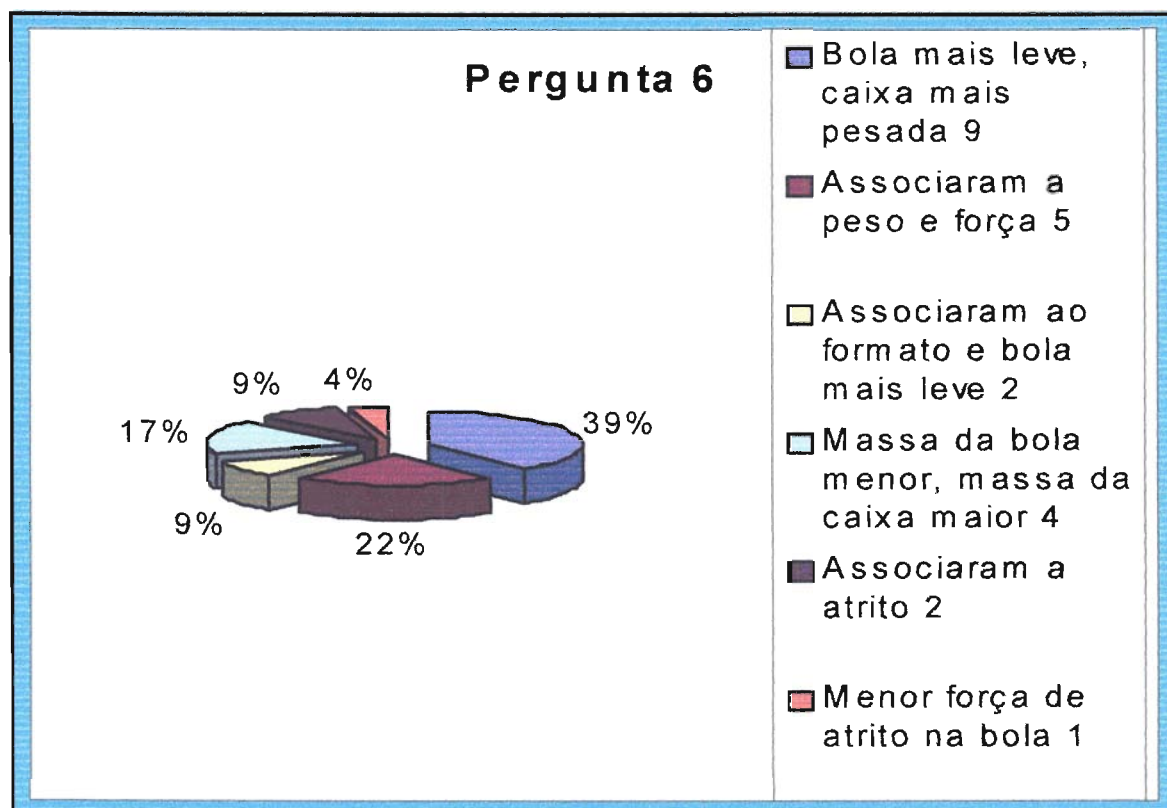


Figura 28. Análise da pergunta 6 antes do método ser aplicado.



## Depois

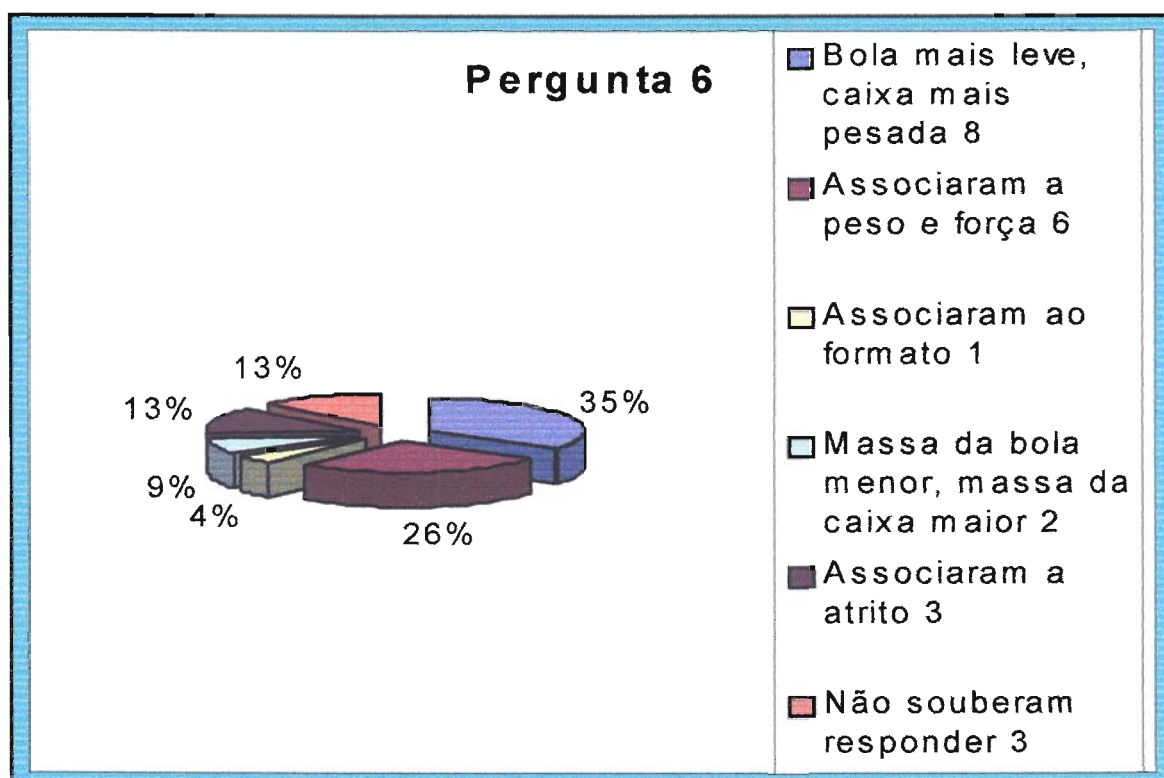


Figura 29. Análise da pergunta 6 depois do método ser aplicado.

## 6.2 - Análise dos Questionários (Colégio Santo Inácio)

Os questionários foram aplicados em 47 alunos antes do método e 54 alunos depois do método, sendo estes do 1º ano do Ensino Médio.

### Pergunta 1

Quando você joga uma bola grande e leve para cima, fazendo um lançamento vertical, o tempo que ela leva para subir é igual, maior ou menor que o tempo que ela leva para chegar ao solo?

**Antes**

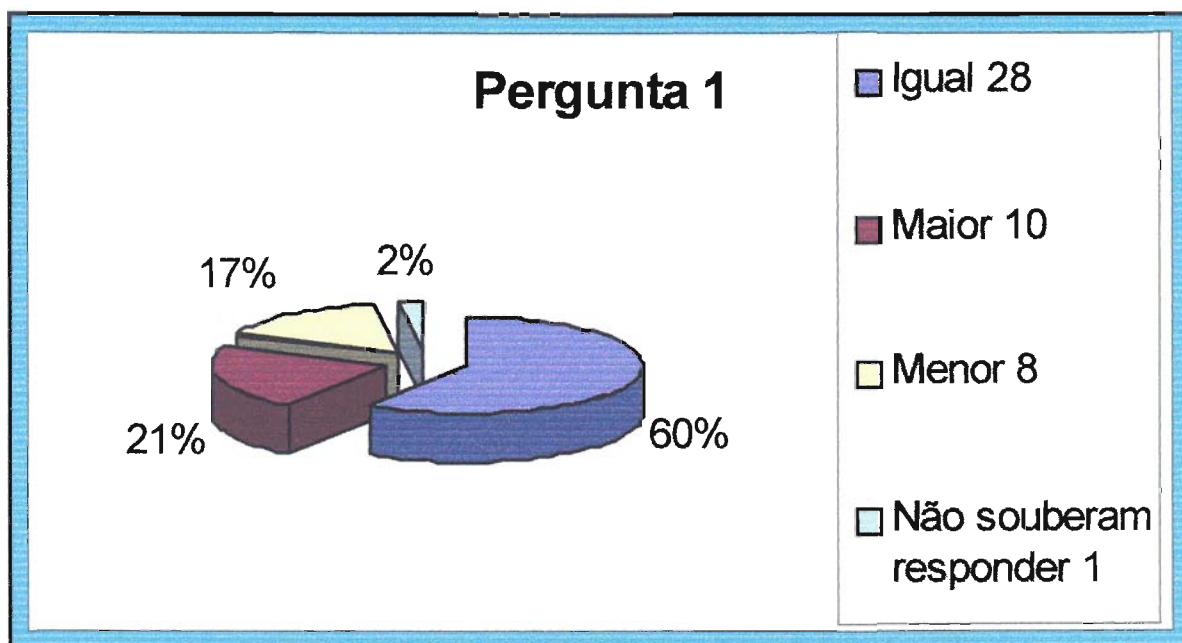


Figura 30. Análise da pergunta 1 antes do método ser aplicado.

## Depois

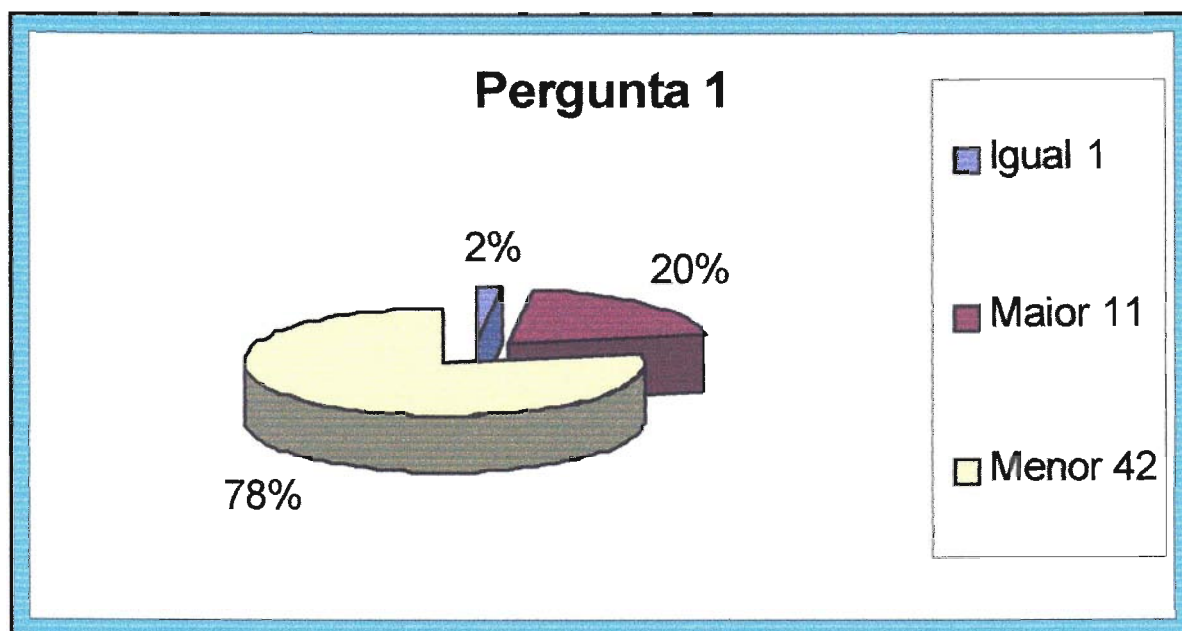


Figura 31. Análise da pergunta 1 depois do método ser aplicado.

## Pergunta 2

Como se faz para um carro fazer uma curva? Se este carro estivesse num solo com neve faria a curva com a mesma facilidade?

### Antes Parte 1

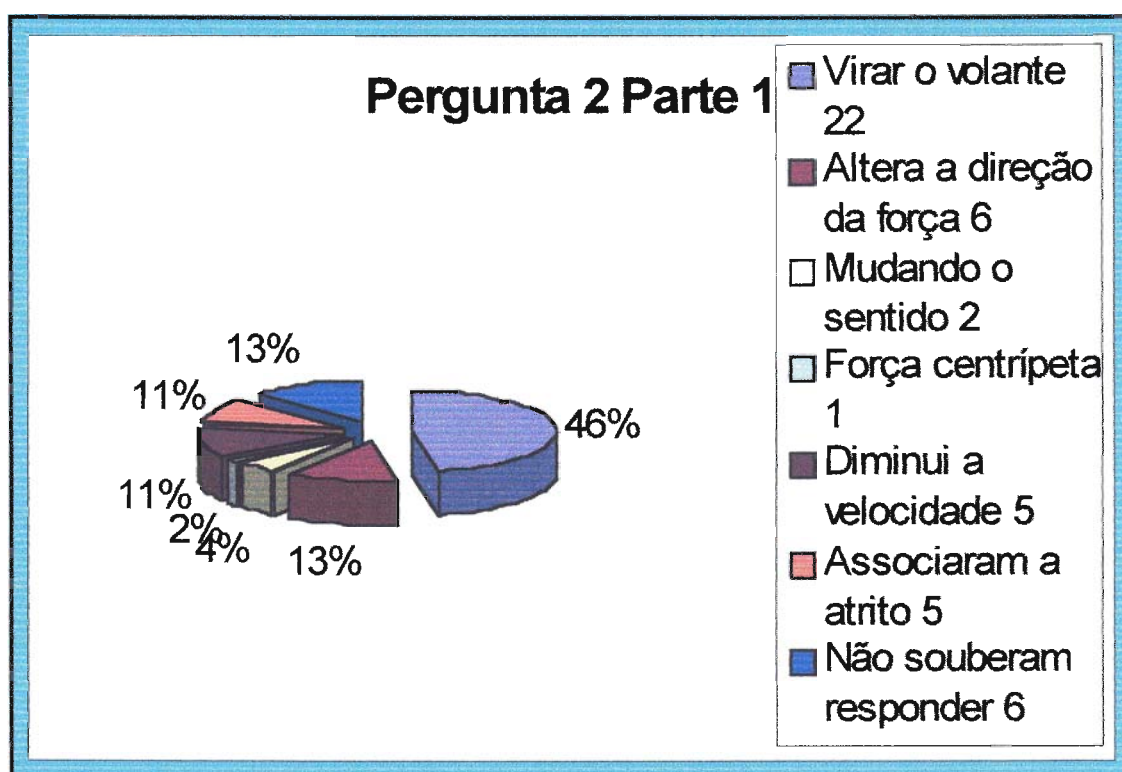


Figura 32. Análise da pergunta 2 parte 1 antes do método ser aplicado.

## Depois Parte 1

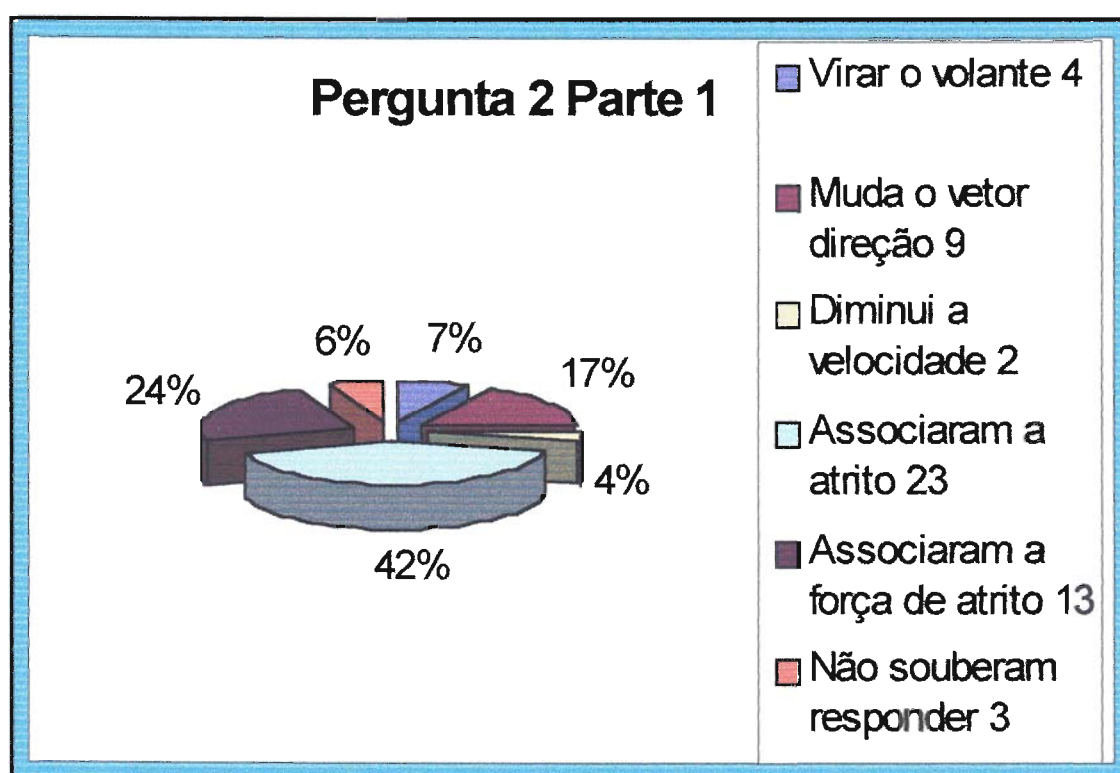


Figura 33. Análise da pergunta 2 parte 1 depois do método ser aplicado.

## Antes Parte 2

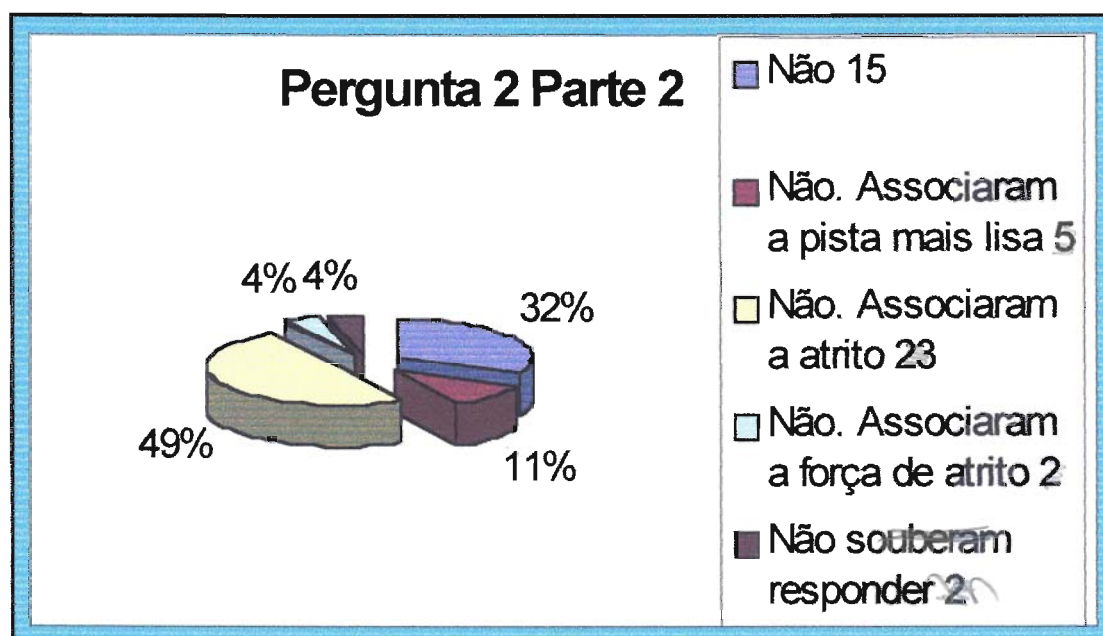


Figura 34. Análise da pergunta 2 parte 2 antes do método ser aplicado.

## Depois Parte 2

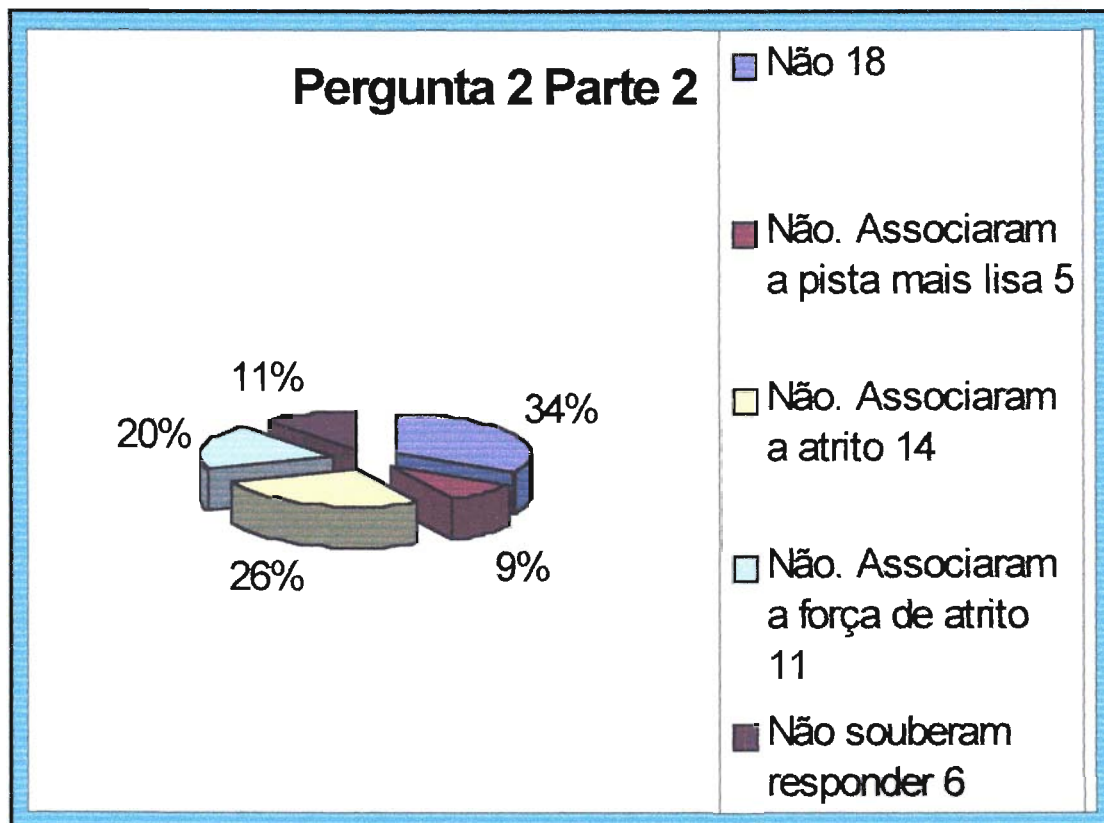


Figura 35. Análise da pergunta 2 parte 2 depois do método ser aplicado.



### Pergunta 3

Qual a diferença entre você andar no asfalto e no gelo? Por que as pessoas usam patins para deslizar no gelo?

#### Antes Parte 1

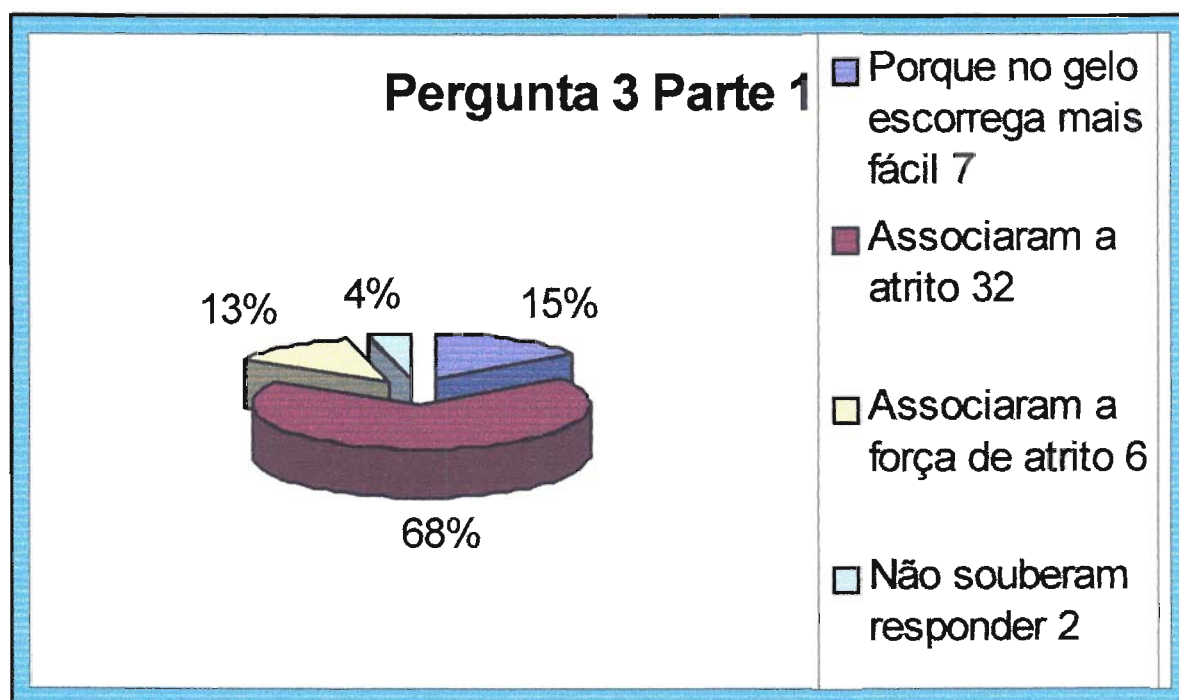


Figura 36. Análise da pergunta 3 parte 1 antes do método ser aplicado.



## Depois Parte 1

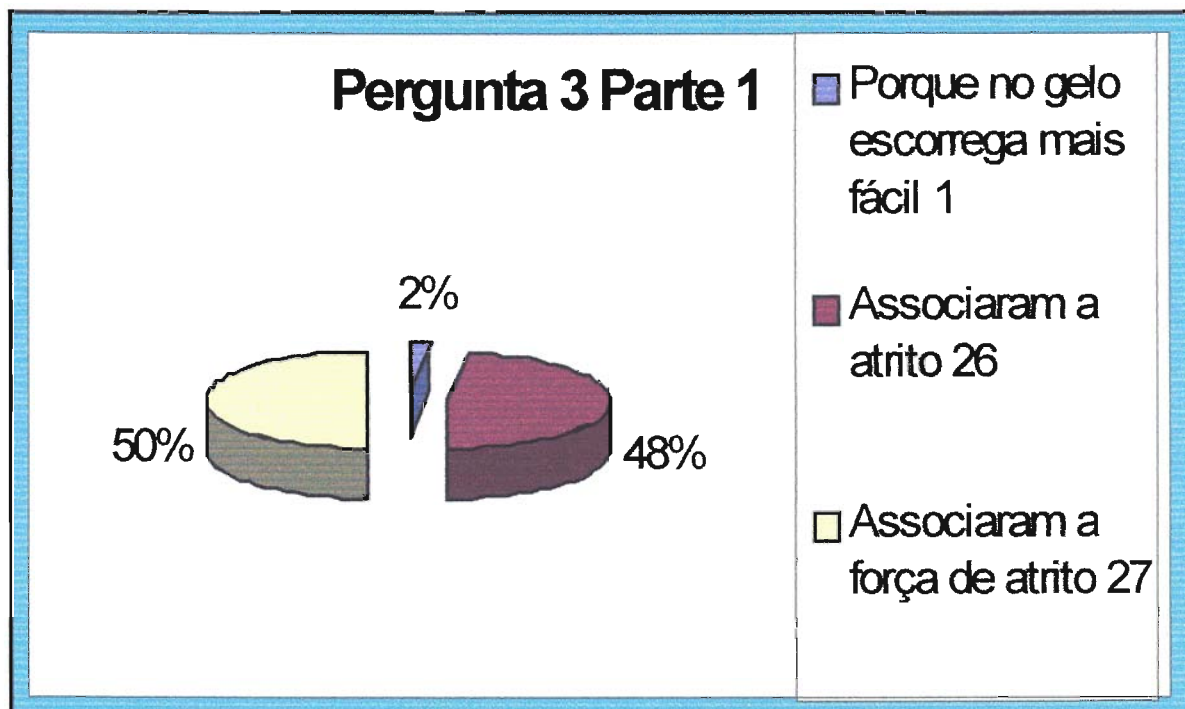


Figura 37. Análise da pergunta 3 parte 1 depois do método ser aplicado.

## Antes Parte 2

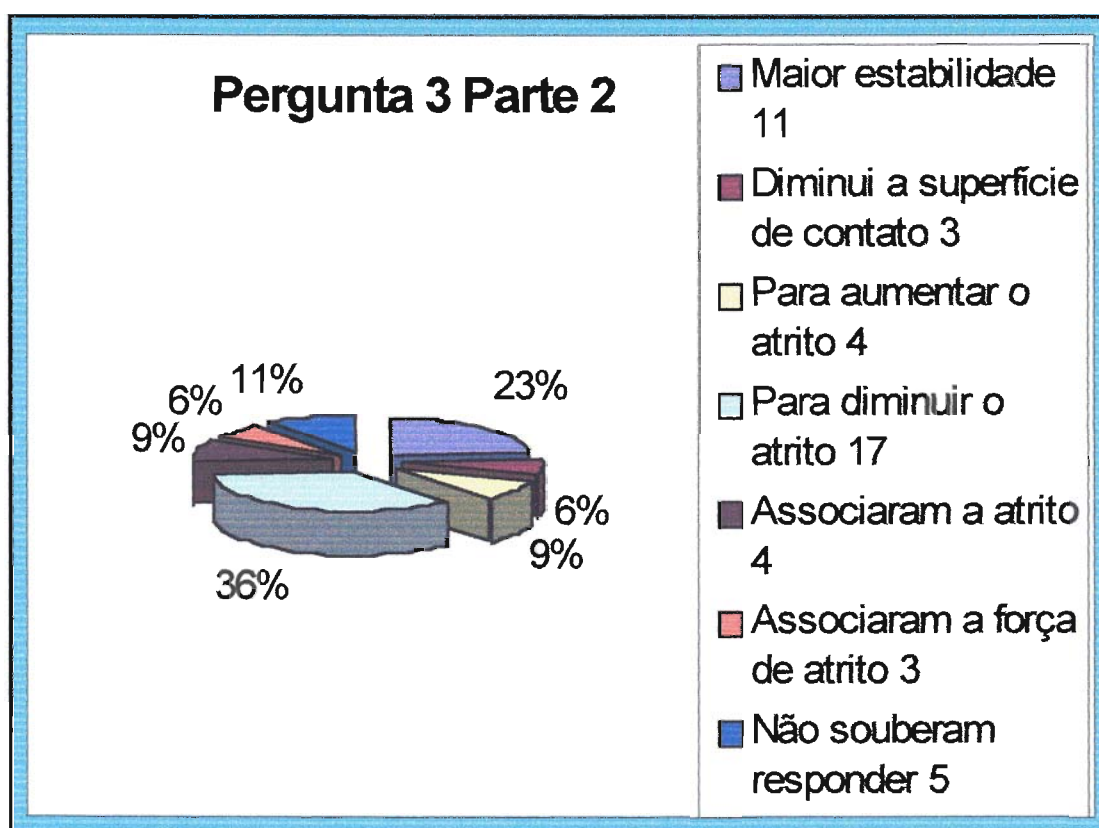


Figura 38. Análise da pergunta 3 parte 2 antes do método ser aplicado.

## Depois Parte 2

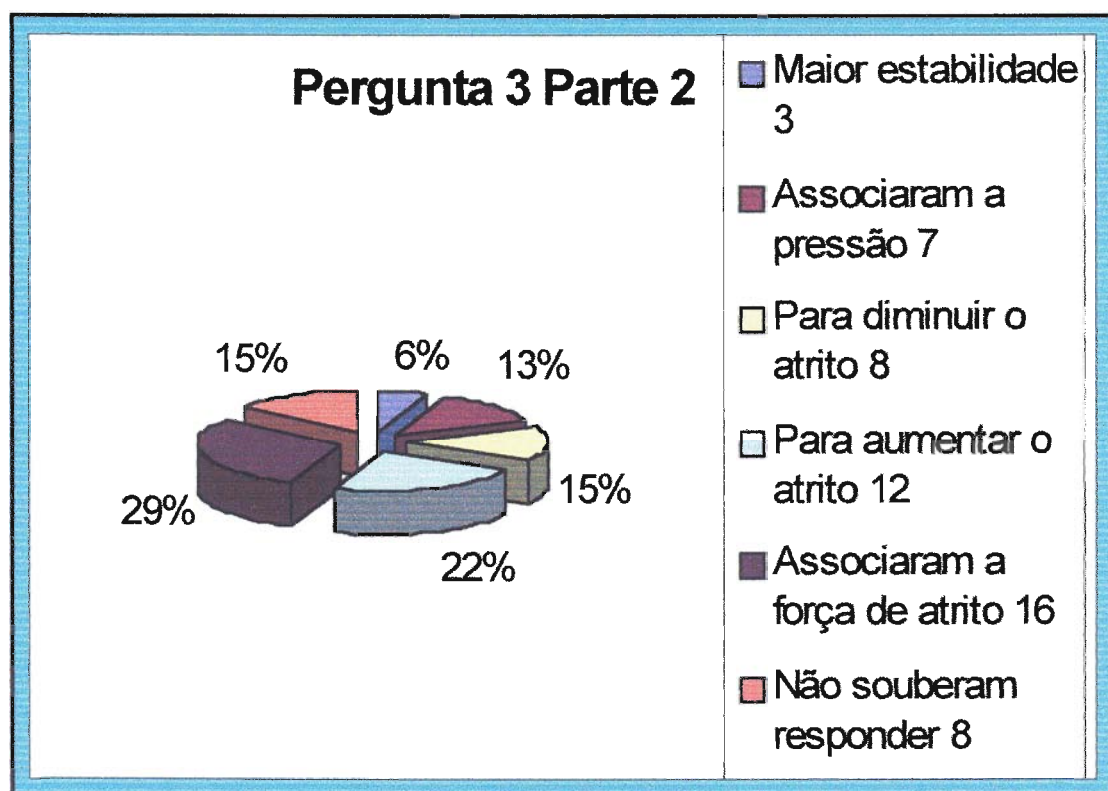


Figura 39. Análise da pergunta 3 parte 2 depois do método ser aplicado.

### Pergunta 4

Quando uma porta está rangindo, ao se colocar um pouco de óleo por que o rangido desaparece?

**Antes**

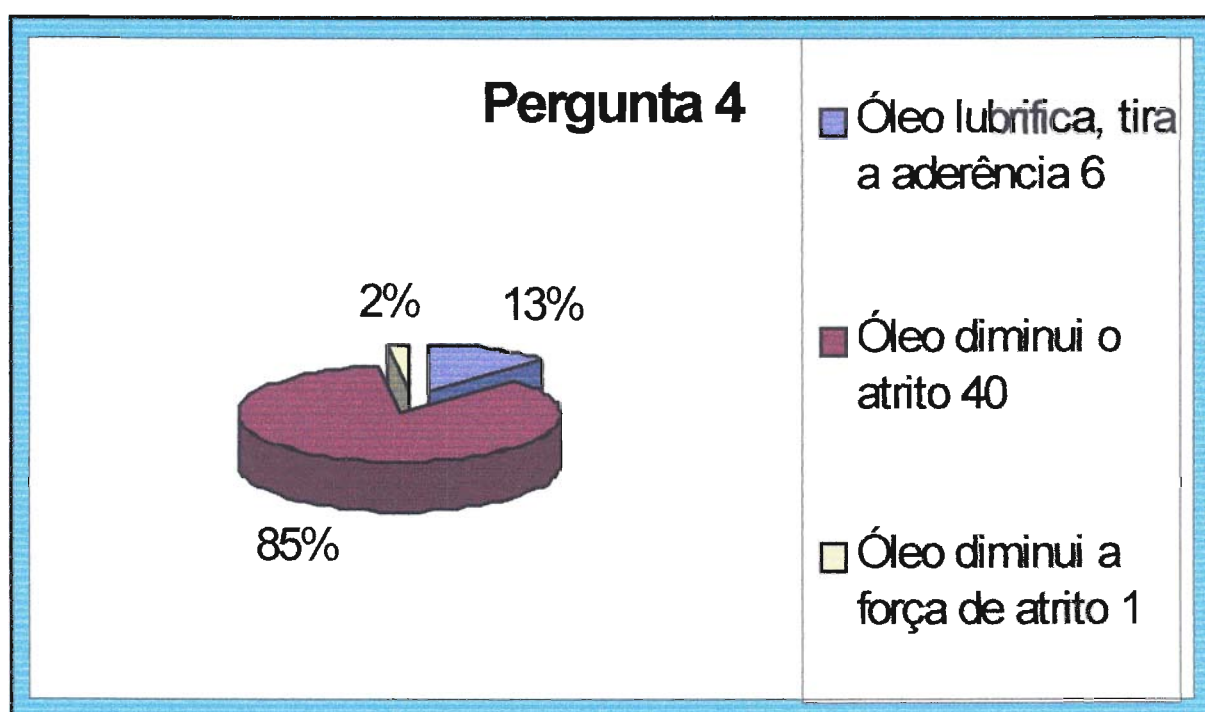


Figura 40. Análise da pergunta 4 antes do método ser aplicado.

## Depois

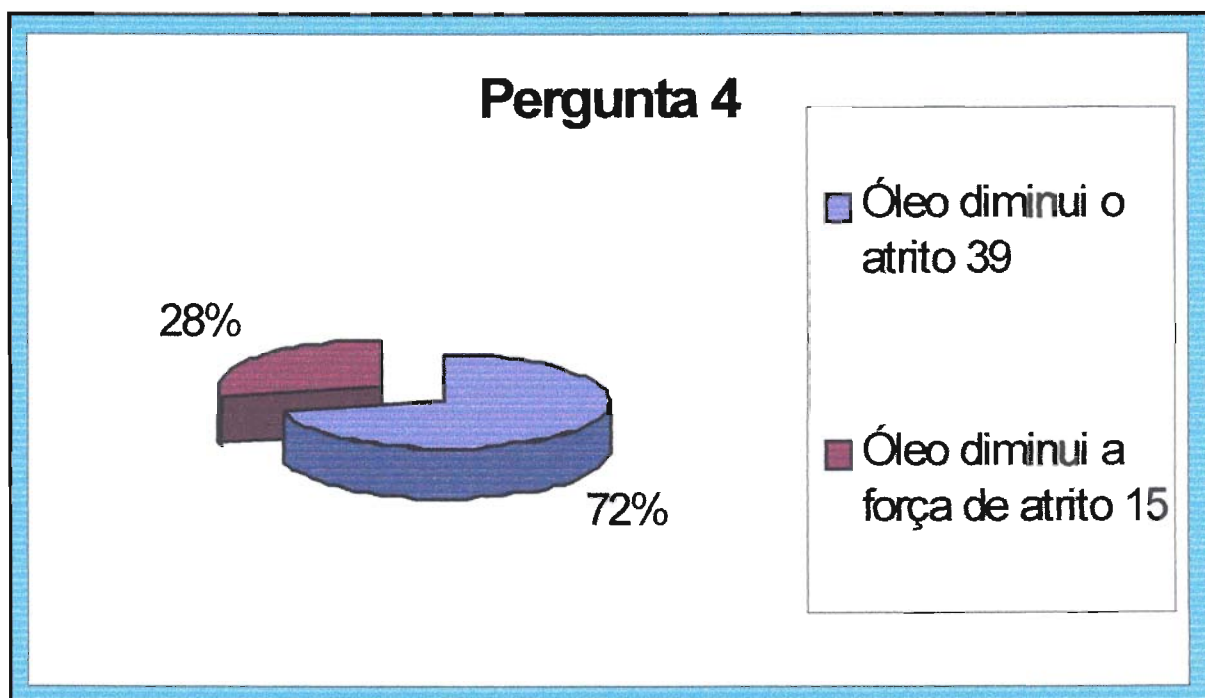


Figura 41. Análise da pergunta 4 depois do método ser aplicado.

### Pergunta 5

Na fórmula 1, já vimos várias vezes um motor de carro estourar, jogar óleo na pista e o outro carro passar por cima do óleo e derrapar. Por que isto acontece?

**Antes**

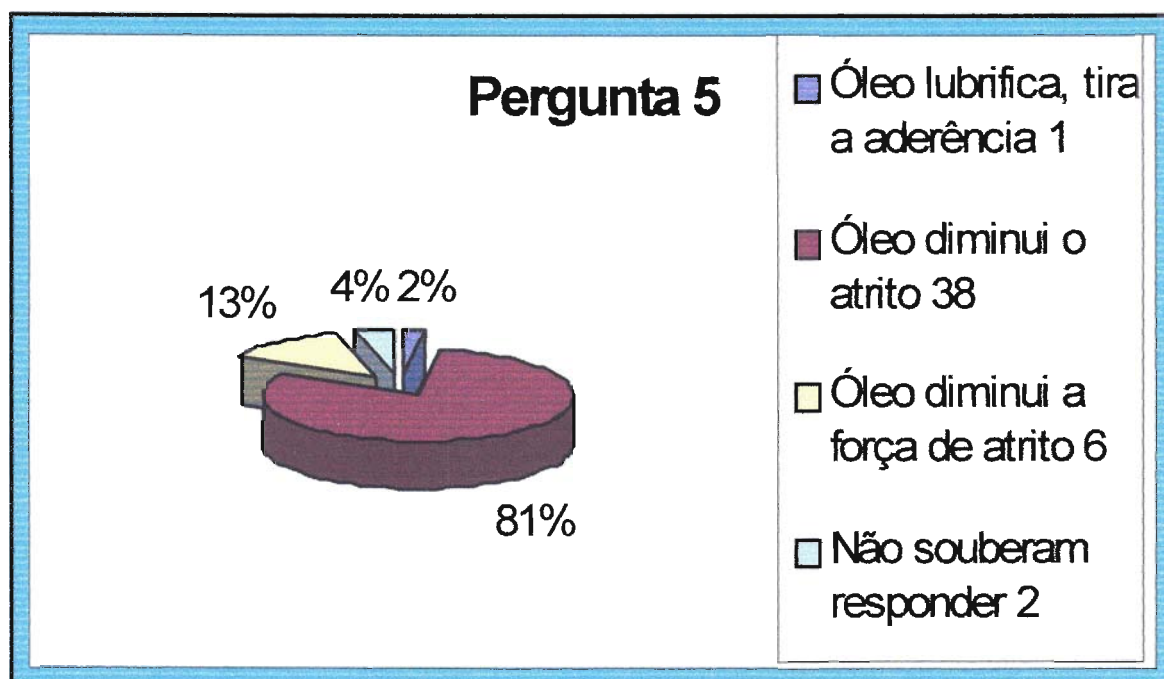


Figura 42. Análise da pergunta 5 antes do método ser aplicado.

## Depois

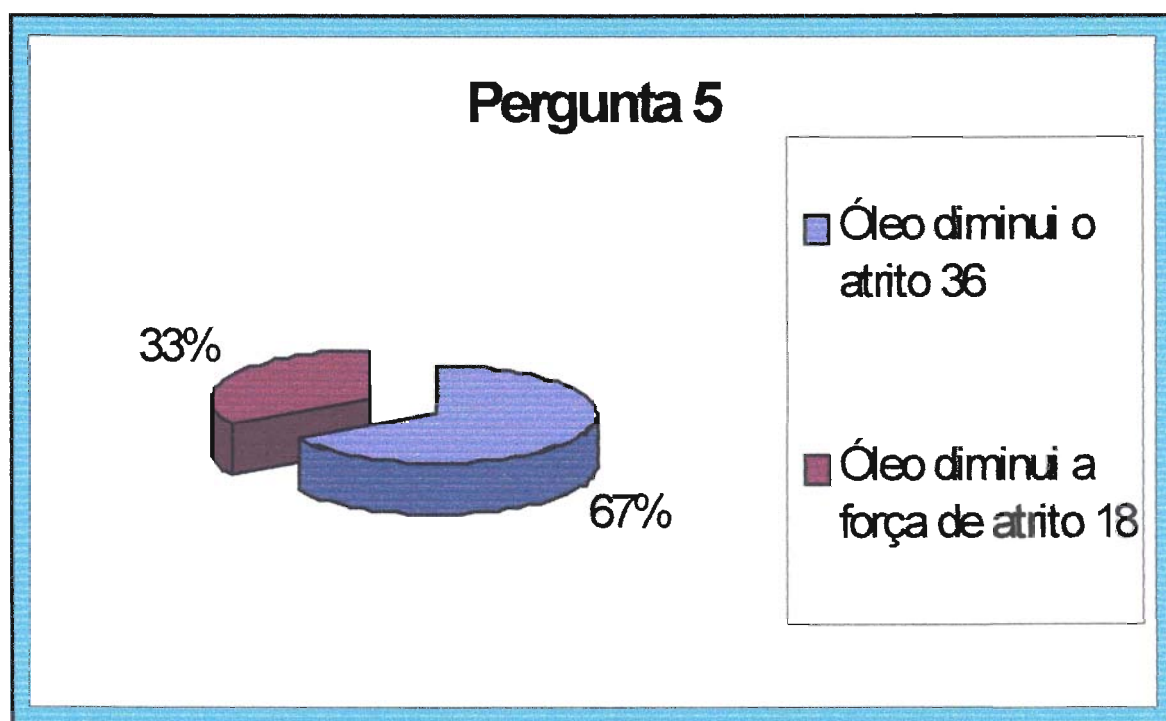


Figura 43. Análise da pergunta 5 depois do método ser aplicado.

### Pergunta 6

Por que é mais fácil para você empurrar uma bola de borracha do que uma caixa com 30 livros de física?

**Antes**

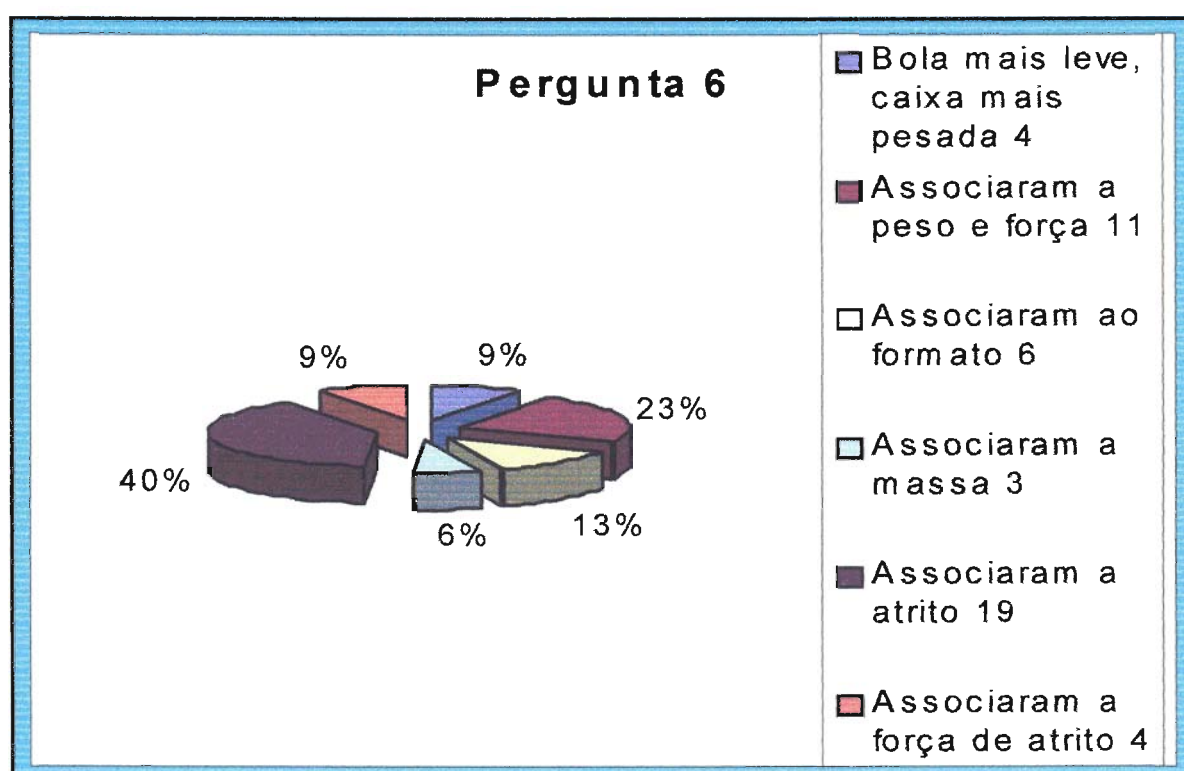


Figura 44. Análise da pergunta 6 antes do método ser aplicado.



## Depois

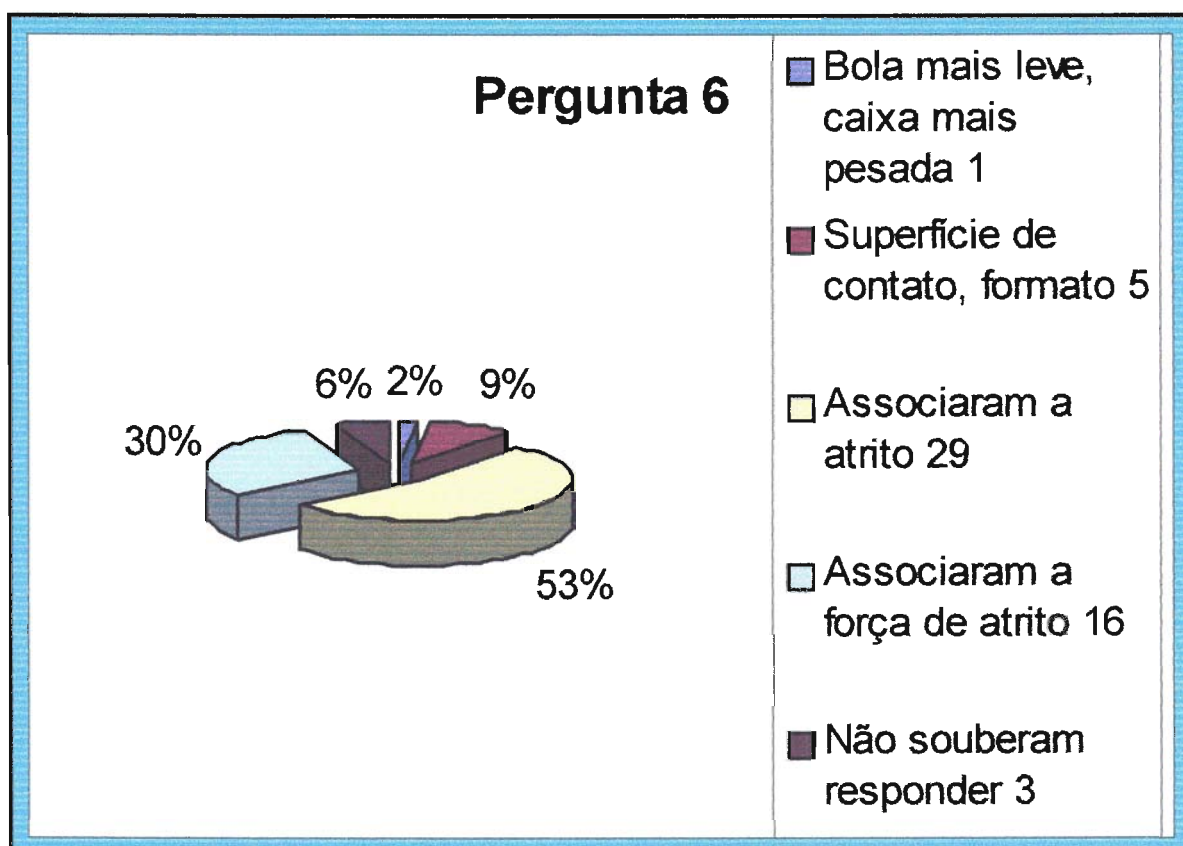


Figura 45. Análise da pergunta 6 depois do método ser aplicado.

## **7- Guia do professor**

### **7.1 - Aplicação do Método**

Como já foi previamente discutida na introdução deste trabalho, as forças de atrito na maioria das vezes não são ensinadas como deveriam ser, ou pior, parte desta matéria as vezes nem é vista. Este guia tenta ajudar no processo de aprendizagem para que o professor e o aluno tenham seus trabalhos facilitados.

Antes de começarem as aulas o professor pode passar um questionário, parecido com o aplicado neste trabalho como um tipo de avaliação diagnóstica onde se poderá saber qual a base que o aluno tem antes de começar a dar a matéria.

Ao começar as aulas eu recomendo que o professor faça no início as experiências indicadas neste trabalho ou outras que o professor conheça. Isso vai atizar a curiosidade dos alunos e eles ficarão perguntando a si mesmo como aquilo funciona. Logo depois entra a parte teórica, na qual deve-se privilegiar o ensino que faça o aluno entender a matéria e não decorar fórmulas aplicando sempre que possível exemplos associando a física ao cotidiano das pessoas, ao dia-a-dia, e no final, o professor deverá repetir a experiência só que agora, já com a teoria dada, ele a repetirá explicando fisicamente como ela acontece.

Sobre as experiências propostas neste trabalho, o professor poderá tirar as seguintes conclusões:

- Na experiência 1 (pára-quedas), através dela você poderá concluir que a velocidade de queda com o pára-quedas dentro da caixa será maior do que com o pára-quedas aberto.
- Na experiência 2 (força de resistência do ar em diferentes materiais), através dela você poderá concluir que no primeiro passo da experiência as duas embalagens irão tocar o solo ao mesmo tempo. No segundo passo, você poderá concluir que a bola de gude irá cair primeiro.
- Na experiência 3 (brincadeira de criança), através dela você poderá concluir que o tempo de descida é maior que o tempo de subida. E também que para obter o tempo de descida é só subtrair o tempo total pelo tempo de subida.

Na parte de exercícios, deve-se aplicar os que estimulem o aluno ao raciocínio e não simplesmente a aplicação de fórmulas.

Gostaria também deixar registrado que existem programas de computador (Logo, Modelos, etc...) que podem ser usados no auxílio no processo de aprendizagem, pois através deles é possível dar exemplos do dia-a-dia como pêndulos, lançamento, etc.

## 7.2 - Exercícios

- 1- O bloco representado na figura abaixo está sobre um plano cujo ângulo de inclinação  $\alpha$  com a horizontal pode variar.
- A partir de que ângulo o bloco começa a deslizar?
  - Se o bloco desliza com velocidade constante, qual o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano?

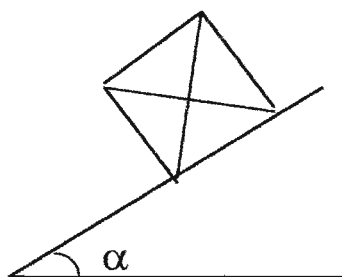


Figura 46. Bloco localizado sobre um plano com uma inclinação  $\alpha$ .

- 2- Indique, nas situações descritas a seguir o sentido da força de atrito que atua sobre o caixote, quando houver.
- Caixote em repouso no chão.
  - Caixote sendo arrastado no chão.
  - Caixote parado numa rampa.

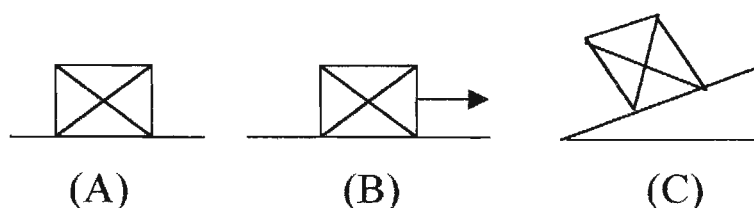


Figura 47. Três situações distantes para o caixote. (A) Caixote parado. (B) Caixote sendo arrastado. (C) Caixote parado na rampa.

## 7.3 - Avaliação

A avaliação também deve ser voltada no sentido de privilegiar o raciocínio, onde o aluno deve entender o que está fazendo, ao invés de se privilegiar o sistema onde o aluno decora as fórmulas.

A avaliação deve proceder da seguinte maneira:

- Prova escrita
- Teste surpresa
- Trabalhos individuais e em grupo (exercícios)
- Trabalho (fazer algum tipo de experiência) individual ou em grupo.

## 8 - Conclusão

A comparação das respostas do questionário, antes e depois de aplicar o método em sala de aula, mostrou uma melhora relevante no entendimento do atrito.

### Pergunta 1

#### *Colégio Educo CPS*

	Antes	Depois
Igual	15	0
Maior	3	9
Menor	1	14

#### *Colégio santo Inácio*

	Antes	Depois
Igual	28	1
Maior	10	11
Menor	8	41
Não souberam responder	1	0

O terceiro experimento foi realizado com o objetivo de esclarecer as dúvidas geradas na questão 1. Ao observarmos as respostas depois da aplicação do método, podemos observar a relevância de realizar o experimento para a reavaliação por parte dos

alunos de seus conhecimentos prévios. Houve mudanças dos conceitos, principalmente porque os alunos realizaram o experimento do bolão que funcionou como organizador prévio dentro da metodologia.

### Pergunta 2

*Colégio Educo CPS*

#### Parte 1

	Antes	Depois
Virar o volante	9-----	10
Diminui a velocidade	4-----	1
Associaram a atrito	2-----	7
Associaram a força de atrito	0-----	3
Não souberam responder	8-----	2

#### Parte 2

	Antes	Depois
Não	12-----	5
Não. Associaram a pista mais lisa	6-----	1
Não. Associaram a atrito	3-----	12
Não. Associaram a força de atrito	1-----	4
Não souberam responder	1-----	1

*Colégio Santo Inácio*

Parte 1

	Antes	Depois
Virar o volante	22	4
Altera a direção da força	6	0
Mudando o sentido	2	0
Força centrípeta	1	0
Diminui a velocidade	5	2
Muda o vetor direção	0	9
Associaram a atrito	5	23
Associaram a força de atrito	0	13
Não souberam responder	6	3

Parte 2

	Antes	Depois
Não	15	18
Não. Associaram a pista mais lisa	5	5
Não. Associaram a atrito	23	14
Não. Associaram a força de atrito	2	11
Não souberam responder	2	6

Para uma compreensão dos resultados, a análise desta questão foi feita em duas partes. Podemos comprovar que houve uma



mudança dos conceitos. Esta aprendizagem foi facilitada devido a esta questão tratar de uma situação que eles observam com muita frequência no seu cotidiano.

### Pergunta 3

*Colégio Educo CPS*

#### Parte 1

	Antes	Depois
Porque no gelo escorrega mais fácil	15-----	2
Associaram a atrito	4-----	13
Associaram a força de atrito	1-----	4
Não souberam responder	3-----	4

#### Parte 2

	Antes	Depois
Maior estabilidade	5-----	0
Respostas Variadas	5-----	4
Associaram a atrito	5-----	13
Associaram a força de atrito	0-----	2
Não souberam responder	8-----	4

*Colégio Santo Inácio*

Parte 1

	Antes	Depois
Porque no gelo escorrega mais fácil	7-----	1
Associaram a atrito	32-----	26
Associaram a força de atrito	6-----	27
Não souberam responder	2-----	0

Parte 2

	Antes	Depois
Maior estabilidade	11-----	3
Associaram a pressão	0-----	7
Diminui a superfície de contato	3-----	0
Para aumentar o atrito	4-----	12
Para diminuir o atrito	17-----	8
Associaram a atrito	4-----	0
Associaram a força de atrito	3-----	16
Não souberam responder	5-----	4

Para uma compreensão dos resultados, a análise desta questão também foi feita em duas partes. Esta análise mostra que houve uma grande melhora nos conceitos dos alunos, já que podemos

comprovar uma transformação de seus conhecimentos em conceito físico.

#### Pergunta 4

##### *Colégio Educo CPS*

	Antes	Depois
Óleo lubrifica, facilita	11	3
Óleo conserva, limpa	3	0
Óleo diminui o atrito	7	19
Não souberam responder	2	1

##### *Colégio Santo Inácio*

	Antes	Depois
Óleo lubrifica, tira a aderência	6	0
Óleo diminui o atrito	40	39
Óleo diminui a força de atrito	1	15

Nesta questão podemos perceber que os alunos já possuíam algum conceito físico sobre o que foi perguntado e conseguiram aprimorar ainda mais o seu conhecimento.

### Pergunta 5

#### *Colégio Educo CPS*

	Antes	Depois
Óleo faz escorregar, deslizar	13-----	3
Óleo diminui o atrito	5-----	15
Óleo diminui a força de atrito	0-----	3
Não souberam responder	5-----	2

#### *Colégio Santo Inácio*

	Antes	Depois
Óleo lubrifica, tira a aderência	1-----	0
Óleo diminui o atrito	38-----	36
Óleo diminui a força de atrito	6-----	18
Não souberam responder	2-----	0

A análise do resultado desta pergunta pode ser comparado com a anterior, com os alunos tendo a oportunidade de entender melhor o conceito físico.

### Pergunta 6

#### *Colégio Educo CPS*

	Antes	Depois
Bola mais leve, caixa mais pesada	9-----	8
Associaram a peso e força	5-----	6
Associaram ao formato e bola mais leve	2-----	0
Associaram ao formato	0-----	1
Massa da bola menor, massa da caixa maior	4-----	2
Associaram a atrito	2-----	3
Menor força de atrito	1-----	0
Não souberam responder	0-----	3

#### *Colégio Santo Inácio*

	Antes	Depois
Bola mais leve, caixa mais pesada	4-----	1
Associaram a peso e força	11-----	0
Associaram ao formato	6-----	0
Associaram a massa	3-----	0
Superfície de contato, formato	0-----	5
Associaram a atrito	19-----	29
Associaram a força de atrito	4-----	16
Não souberam responder	0-----	3

A pergunta 6 foi a questão que gerou o maior número de respostas distintas dos alunos. O resultado geral foi bom devido a ocorrência da mudança dos conceitos.

As novas informações obtidas pelos alunos através dos textos históricos e teóricos e dos experimentos realizados, interagiram com os conhecimentos prévios dos alunos, dando origem a seus novos conceitos, como é proposto na abordagem da aprendizagem significativa.

Outro aspecto que gostaríamos de ressaltar foi a motivação mostrada pelos alunos durante a aplicação do método. Os grupos em sua maior parte mostraram-se bastante receptivos à aprendizagem dos conceitos.

Tal motivação se mostrou também muito presente nos alunos ao tomarem contato com a História da Física, vislumbrando os obstáculos que levaram à construção de conceitos, analisando alguns pensamentos que nortearam a construção da ciência e entendendo que conhecimentos que espera-se que eles aprendam em poucas horas, levaram anos e anos para serem construídos.

## Apêndice

No experimento Brincadeira de Criança foram obtidos dados preliminares no ginásio do colégio Educo CPS com o objetivo de comprovar na prática a teoria aprendida pelos alunos na sala de aula.

Para os dados experimentais foram ajustadas com o programa Origin 6.0 que é utilizado para fazer um “best fit” dos dados obtidos, com expressões matemáticas analíticas.

Para o tempo de subida o melhor “fit” se referiu a função polinomial de 5º grau:  $Y = A + B_1x + B_2x^2 + B_3x^3 + B_4x^4 + B_5x^5$

Sendo os valores obtidos para as constantes:  $A = 0,31858$ ,  $B_1 = 0,07341$ ,  $B_2 = - 0,00874$ ,  $B_3 = 5,9224E-4$ ,  $B_4 = - 1,64206E-5$ ,  $B_5 = 1,48629E-7$ , o valor obtido para o  $\chi^2$  foi 0,9879 que mostra que esta função está bem ajustada aos valores.

Os pontos no eixo x do gráfico são proporcionais as alturas atingidas pelo bolão.

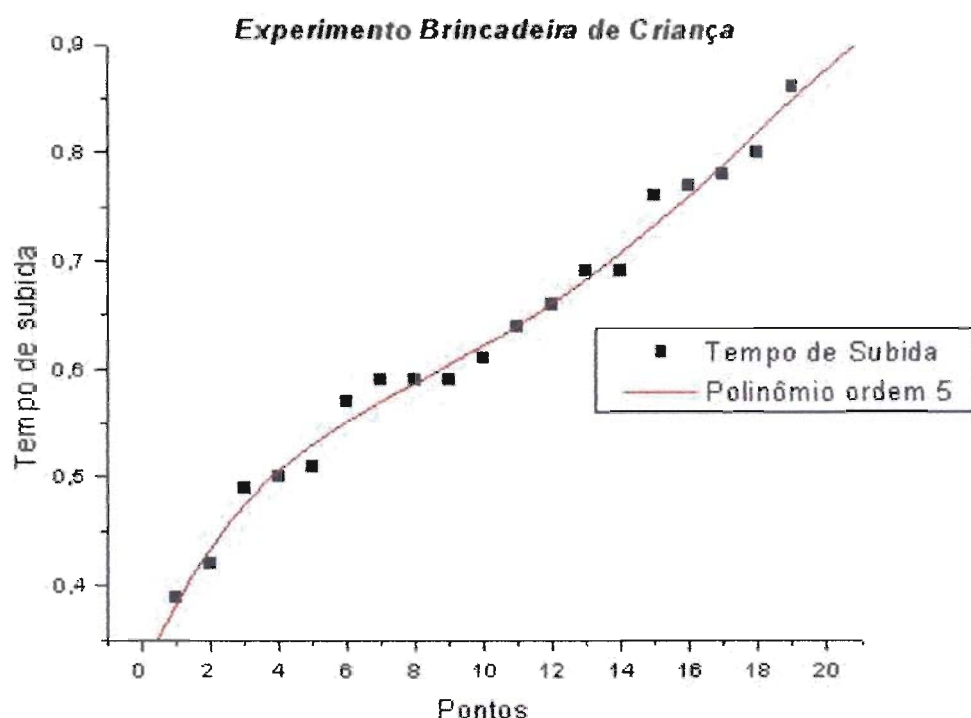


Figura 48. Análise dos dados obtidos para o tempo de subida

Para o tempo de descida o melhor “fit” se referiu a função polinomial de 3º grau:  $Y = A + B_1x + B_2x^2 + B_3x^3$

Sendo os valores obtidos para as constantes:  $A = 1,3116$ ,  $B_1 = -0,11348$ ,  $B_2 = 0,008$ ,  $B_3 = -2,25123E-4$ , o valor obtido para o  $\chi^2$  foi 0,98135 que mostra que esta função está bem ajustada aos valores.

Os pontos no eixo x do gráfico são proporcionais as alturas atingidas pelo bolão.



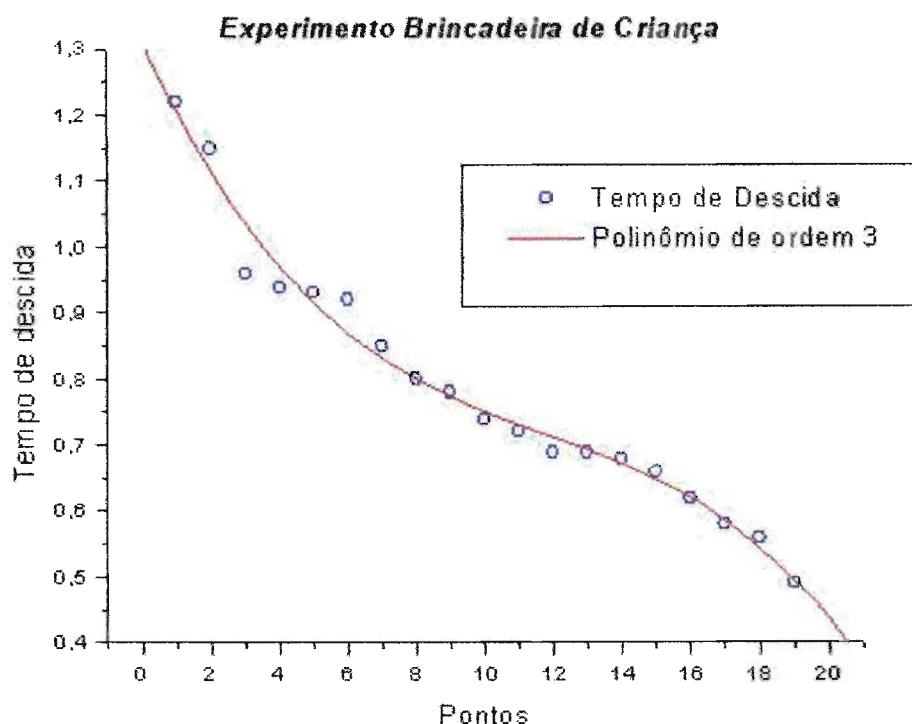


Figura 49. Análise dos dados obtidos para o tempo de descida

Tal análise, mesmo realizada com poucos valores (19) e sendo estes preliminares, mostrou que os tempos parecem diferentes pois correspondem a funções analíticas distintas, o que reforça o efeito da resistência sobre a queda dos corpos.

## **Bibliografia**

- **BUDAKIAN R.** and **PUTTERMAN S. J.**, Physical Review Letters, Vol. 85, N° 5, 1000 (2000).
- **COHEN Bernard**, O nascimento de uma nova Física, Ed. Edart-São Paulo.
- **FRANKLIN Allan** ‘American Journal of Physics’ Vol.44, N°6, (1976).
- **GASPAR Alberto**, Física, Vol. 1, Ed. Ática.
- **GILLISPIE**, Charles Coulston (Ed.). Dictionary of Scientific Biography, Editora Scribners, Vol. 3, 1981, p. 439-447.
- **GILLISPIE**, Charles Coulston (Ed.). Dictionary of Scientific Biography, Editora Scribners, Vol. 8, 1981, p. 192-245.
- **GUIMARÃES, L. A.; FONTE BOA, M.** Física, Editora Futura, Vol. 1, 2001.
- **MÁXIMO**, Antônio e **ALVARENGA**, Beatriz, Curso de Física, Vol. 1, Ed. Scipione.
- **MOREIRA, M.A.** e **MASINI, E. F. S.** A Aprendizagem Significativa. A teoria de David Ausubel, Editora Moraes, 1982.
- **NICOLAU G.F., TOLEDO P. A. S. e IVAN J. C. S.**, Aulas de Física I, Mecânica, Ed. Atual.

- **PERSSON B. N. J.**, Sliding Friction (Springer-Verlag, Berlin, 1998).
- **SALVADOR**, César Coll & Cols, Psicologia do Ensino, Cap. 11, A Teoria da Aprendizagem Verbal Significativa, pág. 231 à 240.
- **SILVA**, Marcelo Elias da, Um Jeito Diferente de Ensinar o Atrito, Resumos da XXIV Jornada de Iniciação Científica da UFRJ, Novembro 2002, p. 178.
- **SILVA**, Marcelo Elias da, O Conceito de Atrito e sua Presença no Dia a Dia, II Encontro de Licenciatura em Física, Agosto 2002, Cd Room.
- **SILVA**, Marcelo Elias da, **SANTOS**, Wilma Machado Soares e **DIAS**, Penha Maria Cardoso, Atrito : “Salvando Aparências”, Resumos do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, Março 2003, p. 71.
- **SILVA**, Marcelo Elias da, Desprezar o Atrito? Dessa Vez Não!, Resumos da XXIII Jornada de Iniciação Científica da UFRJ, Março 2002, p. 202.